Die großen einheimischen Nager als Fortbewegungstypen.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät
der
Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

vorgelegt im Januar 1939
von
Ludwig Bohmann aus Otterstedt

Berichterstatter: Professor Dr. phil. et med. H. Krieg

Tag der mündlichen Prüfung: 18. Februar 1939

Die großen einheimischen Nager als Fortbewegungstypen

Von

Ludwig Bohmann

Mit 55 Textabbildungen (60 Einzelbildern)

Sonderabdruck aus

Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere

35. Band, 3. Heft

Abgeschlossen am 24. Juni 1939

Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin
1939

Die

Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere

steht Originalarbeiten aus dem Gesamtgebiet der im Titel genannten Arbeitsrichtungen offen.

Die Zeitschrift erscheint zur Ermöglichung raschester Veröffentlichung zwanglos, in einzeln berechneten Heften; mit 40 bis 50 Bogen wird ein Band abgeschlossen.

Der Autor erhält einen Unkostenersatz von RM. 20.— für den 16seitigen Druckbogen, jedoch im Höchstfalle RM. 60.— für eine Arbeit.

Es wird ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, daß mit der Annahme des Manuskriptes und seiner Veröffentlichung durch den Verlag das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder an den Verlag übergeht, und zwar bis zum 31. Dezember desjenigen Kalenderjahres, das auf das Jahr des Erscheinens folgt. Hieraus ergibt sich, daß grundsätzlich nur Arbeiten angenommen werden können, die vorher weder im Inland noch im Ausland veröffentlicht worden sind, und die auch nachträglich nicht anderweitig zu veröffentlichen der Autor sich verpflichtet.

Bei Arbeiten aus Instituten, Kliniken usw. ist eine Erklärung des Direktors oder eines Abteilungsleiters beizufügen, daß er mit der Publikation der Arbeit aus dem Institut bzw. der Abteilung einverstanden ist und den Verfasser auf die Aufnahmebedingungen aufmerksam gemacht hat.

Die Mitarbeiter erhalten von ihrer Arbeit zusammen 40 Sonderdrucke unentgeltlich. Weitere 160 Exemplare werden, falls bei Rücksendung der 1. Korrektur bestellt, gegen eine angemessene Entschädigung geliefert. Darüber hinaus gewünschte Exemplare müssen zum Bogennettopreise berechnet werden. **Mit der Lieferung von Dissertationsexemplaren befaßt sich die Verlagsbuchhandlung grundsätzlich nicht;** sie stellt jedoch den Doktoranden den Satz zur Verfügung zwecks Anfertigung der Dissertationsexemplare durch die Druckerei.

Es ist dringend erwünscht, daß alle Manuskripte in deutlich lesbarer Schrift, am besten Schreibmaschinenschrift (mit mindestens 3 cm breitem freien Rand) eingeliefert werden. Die Manuskripte müssen wirklich druckfertig eingeliefert werden; bei der Korrektur sollen im allgemeinen nur Druckfehler verbessert und höchstens einzelne Worte verändert werden.

Aufnahmebedingungen siehe III. Umschlagseite.

Alle Manuskripte und Anfragen sind zu richten an

Professor Dr. P. Buchner, Leipzig, Zoologisches Institut der Univ., Talstr. 33 **oder** an

Professor Dr. P. Schulze, Rostock, Zoologisches Institut.

Die Herausgeber

Buchner Schulze

Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin W 9, Linkstr. 22/24

---

35. Band **Inhaltsverzeichnis.** 3. Heft

Seite

Bohmann, Ludwig, Die großen einheimischen Nager als Fortbewegungstypen. Mit 55 Textabbildungen (60 Einzelbildern) 317

Jacobson, Helmut, Die Ameisenfauna des ostbaltischen Gebietes 389

Verhoeff, Karl W., Beobachtungen an einigen Lithobiomorphen. Mit 8 Textabbildungen 455

Verhoeff, Karl W., Wie entsteht das Gonocöl der Spirostreptoidea? Mit 3 Textabbildungen 463

Hackbart, Walter, Der Einfluß kurzfristig wirkender Temperaturen auf die Entwicklung und Fortpflanzung von Schadinsekten. Mit 11 Textabbildungen (13 Einzelbildern) 469

(Aus der Zoologischen Sammlung des Bayerischen Staates, München.)

DIE GROSSEN EINHEIMISCHEN NAGER ALS FORTBEWEGUNGSTYPEN.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Von

LUDWIG BOHMANN.

Mit 55 Textabbildungen (60 Einzelbildern).

(Eingegangen am 22. März 1939.)

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung: Problemstellung, Material 317
Die stammesgeschichtlichen Beziehungen der vier untersuchten Nager . . . 319
Biologische und ökologische Daten, die für die Extremitäten und ihre Funktion zu beachten sind 319
Gesamterscheinung und Proportionen 322
Äußere Gestalt der Füße 327
Volumenmessung der Extremitätenmuskulatur 333
Anatomie der Extremitätenmuskulatur und des dazugehörigen Skelets . . 341
1. Hautmuskulatur 341
2. Vorderextremität 342
a) Skelet S. 342. — b) Schultermuskeln, die den Arm bewegen S. 346. — c) Oberarmmuskulatur S. 351. — d) Unterarmmuskulatur S. 355.
3. Hinterextremität 361
a) Skelet S. 361. — b) Beckenmuskulatur S. 364. — c) Oberschenkelmuskulatur S. 366. — d) Wadenmuskulatur S. 377. — e) Unterschenkelmuskulatur S. 382.
Zusammenfassung 386
Anhang: Literaturverzeichnis 387

Einleitung.

In dieser Arbeit sollen keine theoretischen Erörterungen geführt werden, sondern vielmehr Tatsachen von Anpassungserscheinungen aufgezeigt werden. Bei steter Berücksichtigung der Ökologie und Ethologie der vier untersuchten Säugetiere sollen diejenigen morphologischen Extremitätenmerkmale herausgestellt werden, die für das jeweilige Tier charakteristisch sind und eine Deutung bezüglich der Lebensweise und der Umwelt zulassen.

Will man eine geeignete Vergleichsbasis erhalten und Entscheidungen darüber treffen, welche morphologischen Eigenschaften man in Beziehung zu ökologischen und ethologischen Erscheinungen bringen kann, dann empfiehlt es sich, möglichst nahe verwandte Tiere mit extrem verschiedener Lebensweise und Umwelt zur Untersuchung auszuwählen. Bei ihrem Vergleich kommen stammesgeschichtlich bedingte anatomische

Unterschiede tiefgreifender Art meist kaum in Betracht. Um so wahrscheinlicher ist es aber dann, daß die tatsächlich bestehenden Unterschiede in irgendwelchen gut erkennbaren Wechselbeziehungen zur Umwelt und Lebensweise stehen.

Aus diesen Erwägungen heraus wurden Eichhörnchen, Murmeltier, Biber und Hase zur Untersuchung ausgewählt. Sie erfüllen nicht nur die Bedingungen relativ naher Verwandtschaft, sondern haben den Vorteil, infolge ihrer Häufigkeit — mit Ausnahme des Bibers — leicht beschaffbar zu sein. Außerdem haben sie eine Größe, die im allgemeinen ein makroskopisches Präparieren zuläßt.

Die ökologischen und ethologischen Unterschiede dieser Tiere beziehen sich in erster Linie auf die Fortbewegungsart. So nahm ich auch, ohne dabei die Gesamtgestalt aus dem Auge zu verlieren, die Extremitäten zur genaueren Untersuchung vor. Und zwar bearbeitete ich im wesentlichen die Muskulatur und das dazugehörige und von ihr gestaltete Skelet. Am feineren Bau des Einzelmuskels, am Bändersystem und an den Gelenken lassen sich sicherlich noch viele unterschiedliche Merkmale feststellen, was jedoch den Rahmen dieser Arbeit zu weit spannen würde und späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben muß.

Material.

Für die Untersuchungen standen mir zur Verfügung:

Eichhörnchen (Sciurus vulgaris L.*).*

Frischtote Tiere in beliebiger Anzahl, die aus der näheren Umgebung Münchens stammen, sowie Skelete aus der Zoologischen Staatssammlung München.

Murmeltier (Marmota marmota [L.]*).*

4 frischtote Tiere; 2 wurden mir durch Vermittlung der Regierung vom Forstamt Berchtesgaden und 2 auf Veranlassung des Gaujägermeisters Salzburg, Herrn Professor Dr. Tratz, von Werfen und Abtenau übersandt. Ich bin diesen Stellen zu großem Dank verpflichtet. Weiter ein Skelet aus der Zoologischen Staatssammlung München.

Biber (Castor fiber L.*).*

Ein Skelet aus der Zoologischen Staatssammlung in München; das Tier stammt aus Bayern.

Biber (Castor canadensis Kuhl*).*

Ein junges Tier als Alkoholtotalpräparat. Heimat unbekannt, das Tier stammt aus dem Zoologischen Garten in Köln.

Hase (Lepus europaeus Pallas*).*

Frischtote Tiere aus der Umgebung Münchens; ein Skelet aus dem Zoologischen Institut der Universität München.

Außerdem wurde, was in der weiteren Arbeit nicht mehr zum Ausdruck kommt, reichlich Gebrauch von der umfangreichen Skeletsammlung der Zoologischen Staatssammlung, München, gemacht, um mit anderen Nagerarten und -familien, sowie anderen Säugerordnungen Vergleiche zu ziehen. Nicht unwesentlich waren auch

die Lebendbeobachtungen, die immer wieder neue Anregungen und Gesichtspunkte brachten. (Bei Hase und Eichhörnchen gab es keine Beobachtungsschwierigkeiten. Einem europäischen Biber konnte ich im Münchner Tierpark Hellabrunn sowohl beim Schwimmen wie auch an Land des öfteren eingehend zu sehen. Murmeltiere erlebte ich in großer Zahl im Oberengadin[1].)

Abkürzungen: S Eichhörnchen. M Murmeltier. C Biber. Cf Deutscher Biber. Cc Canada-Biber. L Hase. R.M. Relatives Rumpfmaß (die Länge des Sternum-Acetabulum-Abstandes ist gleich 100 gesetzt). R.V. Relatives Muskelvolumen (die Muskelmasse ist auf das R.M. bezogen). M. Musculus. Mm. Musculi.

Die stammesgeschichtlichen Beziehungen.

Aus dem einleitend Gesagten geht hervor, daß man bei den Untersuchungen die stammesgeschichtlichen Beziehungen der vier Tiere zueinander nicht außer acht lassen darf.

Eichhörnchen, Murmeltier und Biber stehen einander im System sehr nahe. Das Murmeltier wird in der letzten Familie der *Sciuroidea* geführt und die *Castoroidea* schließen sich ihnen unmittelbar an. *Castor* zeigt einige auffallend primitive Merkmale (Weber, 46), die dafür sprechen, daß der Biber sich schon sehr früh von den *Sciuroidea* abgezweigt hat, aber doch auf sie zurückgeht. Der Hase steht den drei übrigen untersuchten Arten ferner. Er ist der typische Vertreter der *Duplicidentata*, von denen man heute allgemein annimmt, daß sie sich schon sehr weit zurückliegend von der Hauptmasse der Nager, den *Simplicidentata*, getrennt haben.

Es ist also bei der Untersuchung zu erwarten, daß die Unterschiede in Skeletbau und Muskulatur besonders zwischen dem Hasen und den übrigen drei Nagern sehr tiefgreifend sind. Diese Unterschiede können in viel größerem Maße mit durch die frühe stammesgeschichtliche Trennung hervorgerufen sein, als Unterschiede zwischen S, M und C. Vor allem muß man sich hüten, sie ohne weiteres auf die verschiedene Lebensweise zurückzuführen. Um also Trugschlüsse hinsichtlich der Anpassung zu vermeiden, ist es von Wichtigkeit, bei der Beurteilung der anatomischen Elemente und Konstruktionen nicht die stammesgeschichtlichen Beziehungen zu vergessen.

Biologische und ökologische Daten, die für die Extremitäten und ihre Funktion zu beachten sind.

Die zu untersuchenden Tiere sind also — soweit möglich — hinsichtlich ihrer Verwandtschaft und gleichzeitig ihrer extremen Fortbewegungsart ausgewählt worden. Um das anatomische Bild des einzelnen Tieres und die Unterschiede zu den übrigen richtig verstehen zu können, muß

[1] Die Anregung zu dieser Arbeit gab mein Lehrer, Herr Professor Dr. med., Dr. phil. Hans Krieg, Direktor der Zoologischen Staatssammlung München, dem ich für die Überlassung eines Arbeitsplatzes und für seine ständige Förderung zu großem Dank verpflichtet bin.

man sich zunächst einmal ein Bild von der Ethologie und Ökologie der betreffenden Tiere machen.

Eichhörnchen.

Das Eichhörnchen ist an Baumbestände gebunden, sein Lebensraum sind also Wald- und Parklandschaft. Es muß sich zur Nahrungssuche sowohl auf Bäumen und Büschen, als auch am Boden bewegen können. Diese Fähigkeiten sind bei ihm in hohem Maße ausgebildet. Es kann glatte Stämme hinauf- und auch (mit dem Kopf nach unten) wieder an ihnen abwärtsklettern. Selbst auf ganz dünnen Zweigen vermag es sich normaler Laufstellung zu bewegen. Kleinere Zwischenräume zwischen Nachbarbäumen und -zweigen werden springend überbrückt. Da es sich seine Nahrung meist von den äußersten Zweigen holen muß und außerdem sehr viele Feinde hat, ist es oft zum Springen gezwungen. Besonders große Sprünge beobachtet man auf der Flucht oder während der Paarungszeit. Auf dem Boden führt es nur selten reine Schritte aus, sondern bewegt sich meist springend („hoppelnd") vorwärts. Die Nahrung wird beim Transport mit den Zähnen erfaßt, aber beim Verzehren in der Regel mit beiden Händen gehalten. Eichhörnchen pflegen Nahrungsteile zu verstecken und zu verscharren, wobei mit den Händen gegraben wird. Ob die Hinterbeine bei dieser Tätigkeit benutzt werden, ist unbekannt, aber nicht sehr wahrscheinlich. Es sind Beobachtungen aus Sibirien und Nordamerika mitgeteilt worden, daß Eichhörnchen auf großen Wanderungen gelegentlich auch bedeutende Flüsse schwimmend überqueren. Weil dies aber wohl nur ausnahmsweise vorkommt und fast jedes Säugetier nötigenfalls schwimmen kann, darf diese Art der Fortbewegung bei unseren Untersuchungen als nicht typisch außer Betracht bleiben.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß das Eichhörnchen sich in der Hauptsache springend und kletternd in Bäumen fortbewegt, aber darüber hinaus die Extremitäten recht *vielseitig* anwendet.

Murmeltier.

Das Murmeltier lebt oberhalb der Baumgrenze im Gebirge. Besonders bevorzugt werden leicht felsige Gebiete, die aber noch ein Eingraben zulassen. Es bewegt sich laufend oder in schwerfälligen Galoppsprüngen vorwärts, wobei die Füße mit ihrer ganzen Länge aufgesetzt werden. Öfters werden auch größere Steine als Ausguck erklettert, da das Murmeltier in tiefen Röhren in der Erde lebt, muß es sehr viel graben. Dabei wird das Erdreich mit den Vorderbeinen losgekratzt und dann durch Rückwärtsbewegung des Körpers und schleudernde Bewegungen der Hinterläufe aus der Röhre hinaus an die Oberfläche befördert. Es kann zwar blitzschnell in die Röhre schlüpfen, aber auf größere Strecken ist die Laufbewegung nicht sehr fördernd. Im Oberengadin hatte ich Gelegenheit zu eingehenden Beobachtungen in dieser Hinsicht. Ein Murmeltier, das

etwa 5 m von mir entfernt äste, entdeckte mich plötzlich und lief nun flüchtend zum 10 m entfernt liegenden Röhreneingang. Mit Leichtigkeit hätte ich es vor dem Verschwinden in die Röhre einholen können. Beim Laufen wird der Rücken nicht so weit gekrümmt, daß die Vorderbeine von den Hinterbeinen übergriffen werden. Die Nahrung wird ähnlich wie beim Eichhörnchen nicht selten mit den Händen gehalten.

Die Hauptbetätigung der Extremitäten erstreckt sich also neben der einfachen schreitenden und trabenden Fortbewegung und dem raschen fördernden Galopp *auf das Graben.*

Biber.

Der Biber ist in erster Linie Schwimmer. Aber er scheint auch recht gut zu graben, denn seine Wohnbauten sind nicht nur die bekannten Biberburgen, sondern sehr häufig — bei unserem Elbbiber ist es sogar die Regel — wohnt er in selbst gegrabenen Bauen am Ufer, zu denen lange Röhren führen. Er findet den größten Teil seiner Nahrung und vor allem sein Baumaterial für Dämme und Burgen auf dem Lande. Er muß sich also auch oft auf festem Boden begeben. Sein Gang ist ein schwerfälliges Watscheln, wobei Bauch und Kelle über dem Boden schleifen. Auf der Flucht vollführt er auch Sprünge, bei denen die Vorder- und Hinterfüße je gleichzeitig aufgesetzt werden; die Hinterbeine scheinen dabei die Vorderbeine nicht zu übergreifen. Die Füße werden immer in ihrer ganzen Länge aufgesetzt, es handelt sich also um einen rein plantigraden Gang. Aber alle Bewegungen an Land wirken schwerfällig und ungeschickt. Man hat durchaus den Eindruck, daß der allgemeine Bau des Bibers nicht an die Fortbewegung auf festem Boden angepaßt ist. Bei der Schwimmbewegung werden die Vorderbeine nach vorn unter die Brust gelegt, sind also unbeteiligt, während die Hinterbeine gleichzeitige Schwimmstöße ausführen. Abel (49) führt Pettigrew an, der beobachtete, daß bei den Schwimmstößen der Biber auch seitlich ausholt und somit bezüglich der Funktion der Hinterextremität an den Seehund erinnert. Ich habe aber den Eindruck, als könne es sich dabei nur um regulierende Bewegungen handeln. Die Kelle spielt bei der gradlinigen Fortbewegung nur eine untergeordnete Rolle — Wrickbewegungen sollen allerdings gelegentlich beobachtet worden sein — aber um so wesentlicher tritt sie bei Wendungen und beim Tauchen in Funktion. Sie ist das Steuer des Bibers und vermag besonders im Fluchtreflex den schweren Biberkörper blitzartig herumzureißen oder durch kräftiges Aufschlagen auf die Wasseroberfläche tauchend verschwinden zu lassen.

Der Biber ist also in erster Linie *Schwimmer*, er muß aber auch ein tüchtiger *Gräber* sein.

Hase.

Der Hase ist ein Tier der freien Steppe oder Kultursteppe und lebt auch in lichten Wäldern oder an Waldrändern. Er ist reines Bodentier.

Beim Äsen bewegt er sich „hoppelnd" vorwärts, auf der Flucht macht er weite Sprünge, in die öfters der bekannte Hakensprung eingeschaltet wird. Bei der schnellen Bewegungsart werden nur die Zehen aufgesetzt, während beim Hoppeln der ganze Fuß den Boden berührt. Mit den Vorderbeinen wird eine Schrittbewegung ausgeführt, während die Hinterbeine meist ziemlich gleichzeitig aufgesetzt werden. Die Hinterbeine übergreifen dabei die Vorderbeine. Die „Sasse" des Hasen ist eine mit den Vorderbeinen gescharrte Mulde. Es ist nicht klar, ob auch die Hinterbeine daran beteiligt sind. Das nicht selten zu beobachtende Schwimmen besteht in den gewöhnlichen Laufbewegungen. Auf der Flucht meidet er abschüssiges Gelände, da er so stark „überbaut" ist, daß die Gefahr des Sichüberschlagens besteht.

Der Hase braucht also seine Extremitäten in erster Linie zu einer *schnellen, fördernden* Fortbewegung auf *ebenem* Boden.

Gesamterscheinung und Proportionen.

Da die Gesamterscheinung und die Proportionen uns schon wesentliche Unterschiede aufzeigen, stelle ich sie in einem kurzen Abschnitt der eigentlichen Extremitätenuntersuchung voran. Diese Betrachtung soll verhindern, daß bei den speziellen Befunden der Extremitätenmuskulatur der Gesamtkörperbau außer acht gelassen wird.

Die Umrißzeichnungen Abb. 1—4 geben zwar einen guten Eindruck von der allgemeinen Erscheinung, täuschen jedoch leicht durch die Behaarung falsche Verhältnisse vor. Nur die Proportionsdiagramme zeigen die tatsächlichen Verhältnisse.

Eichhörnchen.

Das lange Haarkleid täuscht gerade beim Eichhörnchen (Abb. 1) eine falsche Gestalt vor. Das abgebalgte Tier zeigt eine bedeutend schlankere Körperform, die sehr an die Verhältnisse beim Springaffen *(Callicebus)* erinnert (Priemel, 37). Beim Sprung pflegt das Eichhörnchen die Extremitäten vom Körper abzuspreizen, um die Oberfläche zu vergrößern und dadurch die Fallschirmwirkung zu steigern. Außerdem wird diese aber noch ganz wesentlich durch die lange Behaarung gefördert. Besonders die verlängerten Flankenhaare wirken in dieser Richtung. Auch der Schwanz steht in ihrem Dienst; er wird außerdem bei Sprung und Fall als Steuer benutzt (Böker, 5). Abel (49), erwähnt, daß ein Eichhörnchen mit abgeschnittenem Schwanz nur mehr halb so weit springen kann als früher.

Das Proportionsdiagramm (Abb. 8) zeigt beim Eichhörnchen, daß die Extremitäten in bezug auf die Rumpflänge auffallend lang sind. Das trifft besonders für die Arme zu. Priemel (37) zeigt an Diagrammen, wie vom Springaffentypus bis zum Greifschwanzhangler die Vorderextremität länger wird, bis sie schließlich die Hinterextremität gar über

trifft. Abb. 5 zeigt das Extremitätendiagramm von *Callicebus* (nach Krieg) und vom Eichhörnchen. Die Ähnlichkeit ist so groß, daß man

Abb. 1. Eichhörnchen.

Abb. 3. Biber.

Abb. 2. Murmeltier.

Abb. 4. Hase.

wohl von einer Konvergenz, hinsichtlich der Extremitätenproportionen, hervorgerufen durch das Baumleben, sprechen kann. Auch *Callithrix* zeigt ähnliche Verhältnisse; Krieg (28) weist bereits darauf hin, daß die Fortbewegungsart dieses Affen an das Eichhörnchen erinnert. Die vergleichende Darstellung der Wirbelsäulenabschnitte (Abb. 6) und auch die Skelettabelle zeigen, daß das Eichhörnchen einen relativ kurzen Brustkorb hat. Das bedeutet einen langen Lumbalteil und somit große Beweglichkeit der Wirbelsäule.

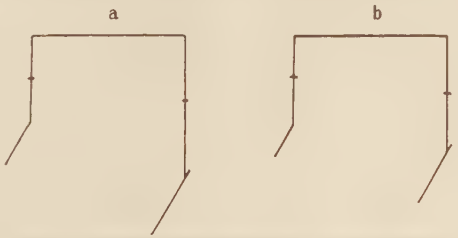

Abb. 5. Extremitätendiagramm. a von Sciurus, b von Callicebus.

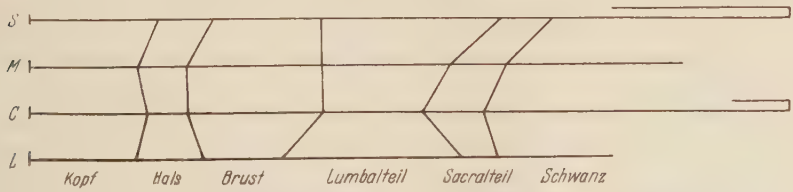

Abb. 6. Diagramm der Wirbelsäulenabschnitte. *S* Eichhörnchen, *M* Murmeltier, *C* Biber, *L* Hase.

Die Bildindizes (Abb. 7) zeigen neben einer allgemeinen Länge der Vorderextremität eine auffallend lange Hand, was in erster Linie durch die langen Finger hervorgerufen wird. Das ist notwendig, um einen sicheren

Halt auf den Zweigen zu gewährleisten. Der Oberarm ist etwas kürzer als Unterarm und Hand, die gleiche Länge haben. Gleiche Verhältnisse liegen bei der Hinterextremität vor, der Oberschenkel ist etwas kürzer als Unterschenkel und Fuß, die gleich lang sind.

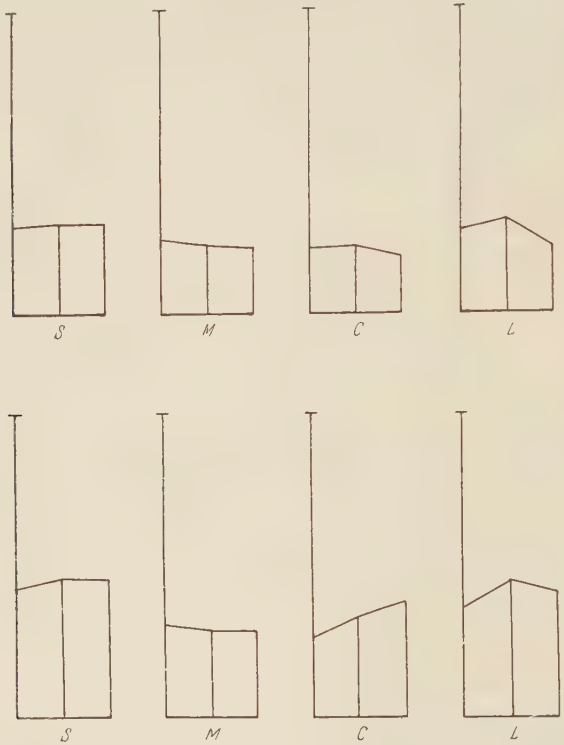

Abb. 7. Bildindices der Vorderextremitäten (oben) und Hinterextremitäten (unten).

Murmeltier.

Das Murmeltier (Abb. 2) zeigt einen gedrungenen, kompakten Körperbau und relativ kurze Extremitäten. Gerade die nahe Verwandtschaft mit dem Eichhörnchen macht diese Merkmale besonders auffällig. Die Schwanzlänge, die beim Eichhörnchen $^6/_7$ der Kopf-Rumpflänge ausmacht, beträgt beim Murmeltier nur knapp $^1/_3$ (Mohr, 32). Das Ohr überragt nicht den Kopf und wird durch die Behaarung fast ganz verschlossen (Schutz gegen Verunreinigung und Schädigung in der Erde!). Die Proportionsverhältnisse zeigt die Abb. 8. Abb. 6 zeigt ferner, daß der Brustteil um weniges länger ist als der Lumbalteil. Besonders klar werden aber die Verhältnisse bei der Betrachtung der Bildindizes (Abb. 7). *Die Verhältnisse sind genau umgekehrt wie beim Eichhörnchen.* Oberarm und Oberschenkel sind länger als die übrigen Extremitätenabschnitte, die

sich wieder sehr gleichen. Das Leben in der engen Röhre läßt für die distalen Abschnitte nur wenig Raum.

Biber.

Die Umrißzeichnung vom Biber (Abb. 3) zeigt ganz deutlich die Annäherung des Bibers an die Idealform eines sich im Wasser bewegenden Tieres, an die Stromlinienform. Der Biber hat einen runden dicken Kopf und einen plumpen breiten Vorderrumpf, was in der Abb. 8 besonders deutlich wird. *Caudal* wird er schmäler und läuft mit der Kelle zu einer

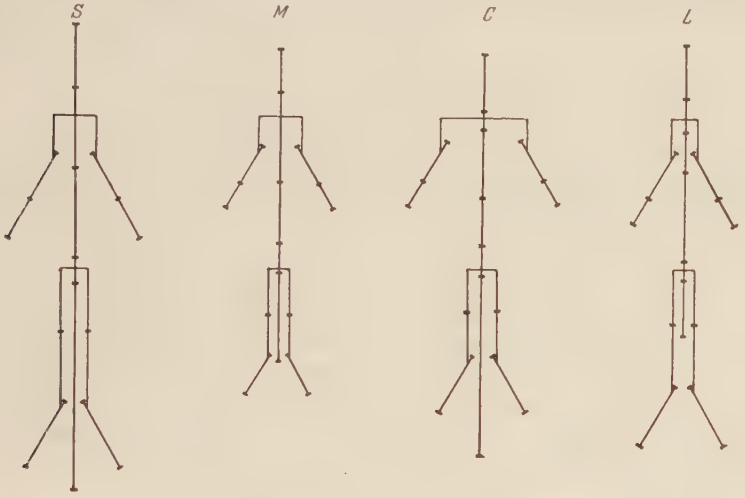

Abb. 8. Diagramme der Körperproportionen.

Spitze aus. Der krumme Rücken fällt bei der Schwimmbewegung fort, der Biber liegt dann völlig gestreckt im Wasser. In dieser Lage und durch den ausschließlich hinten liegenden Antrieb — die Vorderbeine werden beim Schwimmen stillgehalten — erinnert er an ein Torpedo. Die Normallage der Füße ist beim Schwimmen sehr hoch, so daß die Fersen häufig neben der Kelle aus dem Wasser herausschauen. Diese Lage der Füße, die im Prinzip an die Stellung der Beine beim bipeden Gang erinnert, kann entweder durch eine Lendenlordose oder auch durch eine starke Beuge im Kniegelenk erreicht werden. Letzteres ist beim Biber der Fall. Das Kniegelenk kann nie ganz gestreckt werden. Geht der Biber an Land und die Hinterbeine sollen den Körper stützen, so muß er sie weiter nach vorn unter den Körper bringen. Das kann er aber nur erreichen, indem er das Becken so weit caudal neigt, bis der Fuß richtig plantigrad aufgesetzt werden kann. Denn eine genügend starke Beugung im Beckengelenk verbietet die auffallende Kürze der Beugemuskeln des Oberschenkels. Wären sie länger, so würden sie an Kraft verlieren und für die Schwimmbewegung nicht ausreichen. Durch diese starke Neigung des

Beckens an Land wird die Wirbelsäule sozusagen „mitgenommen". Die Folge davon ist, daß 1. der Schwanz scharf abgewinkelt werden muß, was man sehr gut beim sitzenden Biber beobachten kann, und daß 2. die Wirbelsäule stark gekrümmt wird, wodurch der auffallend hochgewölbte Rücken des Bibers seine Erklärung findet. Diese Krümmung liegt, wie in dem Schema Abb. 9 gezeigt wird, fast ausschließlich unmittelbar vor dem Becken. Dies hat seine Ursache in dem relativ langen Brustkorb, der eine derartige Biegung im vorderen Teil der Wirbelsäule nicht zuläßt. Der Bildindex der vorderen Extremität (Abb. 7) zeigt, daß hier ähnliche Verhältnisse wie beim Murmeltier vorliegen, nur ist die Hand relativ noch kürzer. Überhaupt ist die vordere Extremität des Bibers sehr kurz. Der Bildindex der Hinterextremität veranschaulicht, daß die Abschnitte distal immer größer werden. Die größte Länge also hat der Fuß, der beim Schwimmen das Wasser verdrängt. Durch die Kürze des Oberschenkels ist rasche Beugung und damit ein häufiges Wiederholen der Schwimmstöße möglich. Zum Vergleich zeigt die Abb. 10 den gleichen Index vom Seehund. Hier haben wir bei einem reinen Wassertier die Verhältnisse noch gesteigert.

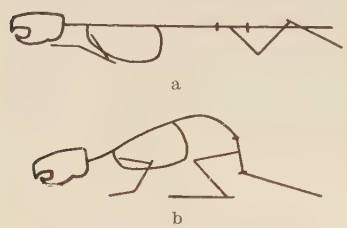

Abb. 9. Biber. a schwimmend, b an Land, gehend.

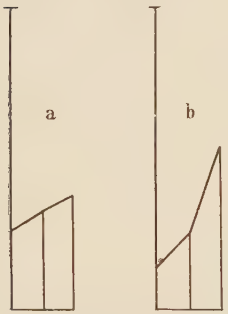

Abb. 10. Bildindices der Hinterextremität. a vom Biber, b vom Seehund.

Hase.

Die Umrißzeichnung Abb. 4 stellt einen flüchtigen Hasen dar. An ihr fällt sofort die lange Hinterextremität auf. Die Bewegung zeigt besonders deutlich, wie vorherrschend die Hinterläufe bei der Fortbewegung sind. Sie sind es, die ausschließlich den Körper vorwärts schnellen. Die Arme stützen nur den Körper und fangen ihn nach jedem Sprung auf. Frontal gesehen — auch im Proportionsdiagramm kommt das zum Ausdruck — ist der Hase auffallend schmal, eine Erscheinung, die wohl mit der schnellen Fortbewegung in Verbindung zu bringen ist (geringer Luft- und Vegetationswiderstand!). Die Wirbelsäule (Abb. 6) zeigt, daß die beiden festgefügten Abschnitte, Brust- und Sacralteil, kurz sind. Dementsprechend ist der Lumbalteil besonders lang. Das ist leicht verständlich, wenn man bedenkt, daß die Hinterläufe möglichst weit ausgreifende Sprünge machen sollen. Ist die Extremität soweit nach vorn gebracht, wie es das Beckengelenk und die Oberschenkelmuskulatur erlauben, so kann durch eine starke Rückenkrümmung, die durch den langen, beweglichen Lumbalteil ermöglicht wird, die

Extremität noch weiter nach vorn gebracht werden. Bei den Bildindizes fällt auf, daß jeweils der mittlere Extremitätenabschnitt, also Unterarm und Unterschenkel, am längsten sind. Darin ist eine Anpassung an das Steppenleben zu sehen, denn alle Steppentiere haben verlängerte Stylopodien. Bei der Hinterextremität ist darüber hinaus noch der Fuß verlängert, so daß der Hase einen im Verhältnis zur Vorderextremität noch extremer verlängerten Hinterlauf erhält und so die Gestalt entsteht, die man als „überbaut" bezeichnet.

Aus diesen Betrachtungen geht schon sehr deutlich hervor, daß wir es bei den 4 untersuchten Nagern mit Typen recht verschiedener Anpassungsrichtung zu tun haben.

Äußere Gestalt der Füße (Abb. 11—18).

Die Hände und Füße berühren unmittelbar den Untergrund, auf dem sich ein Tier bewegt. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß man gerade hier in hohem Maße Kennzeichen einer Anpassung vorfindet.

Eichhörnchen.

a) Hand (Abb. 11). Die Hand des Eichhörnchens hat vier wohlausgebildete Finger und ein Daumenrudiment. Dorsal sind Hand und Finger behaart, palmar sind die Finger nackt, die Handfläche ist kurz und dicht behaart. An der Handwurzel befinden sich zwei sehr stark ausgebildete Proximalballen. An der Basis des Index sitzt ein doppelbäuchiger, an der Basis des 3. und 4. Fingers ein dreieckiger und an der Basis des 5. Fingers ein weiterer Zwischenballen. Die Finger tragen schmale, scharfe, stark gekrümmte Krallen und unmittelbar dahinter am Endglied der Finger je einen schwach ausgebildeten Zehenballen. Am rückgebildeten Daumen befindet sich eine nagelartige Verhornung.

b) Fuß (Abb. 15). Der Fuß des Eichhörnchens ist fünfzehig. Die Dorsalseite ist behaart, plantar sind die Zehen nackt, die Fußfläche ist kurz behaart. Ähnlich wie bei der Hand sind Ballen an den Basen der Zehen ausgebildet und zwar je ein Zwischenballen an der zweiten Zehe, zwischen der 3. und 4. Zehe und an der Basis der 5. Zehe; sie sind aber relativ kleiner als die Ballen der Hand. Auch an der Basis des normal entwickelten Hallux befindet sich ein Ballen. Sämtliche Zehen tragen Krallen und schwach entwickelte Zehenballen wie die Finger. Der Mittelfuß ist sehr langgestreckt.

Es ist zunächst unverständlich, daß das Eichhörnchen als Baumbewohner einen reduzierten Daumen hat; denn gerade beim Umklammern der Äste ist ein Daumen, der sich der übrigen Hand gegenüberstellen kann, besonders vorteilhaft. Abel (49) und auch Böker (8) schließen daraus, daß das Eichhörnchen ein sekundäres Baumtier ist. Seine Vorfahren sind vermutlich Steppenbewohner, also Bodentiere gewesen und haben in

Anpassung an die Grabtätigkeit den Daumen verloren. Böker (8) nennt den Fortbewegungstyp, zu dem das Eichhörnchen rechnet, „sekundärer Krallen- und Schwielenkletterer mit sekundärem Laufen auf den Ästen". Ich schließe mich dieser Formulierung an. Die Ausbildung von scharfen, stark gekrümmten Krallen ermöglicht das Klettern an glatten Stämmen in der Vertikalen, beim Laufen auf mehr oder weniger horizontalen Ästen spielen die Ballen die größere Rolle. Besonders die beiden Proximalballen an der Handwurzel scheinen hier in Funktion zu treten. Der mediale

Abb. 11. Eichhörnchenhand.

Abb. 12. Murmeltierhand.

Ballen ist sogar aktiv beweglich und ersetzt in gewissem Maße den Daumen. Beim Fuß ist noch eine in der Längsrichtung liegende Einfaltung zu bemerken, die dem Fuß gestattet, sich fest an einen Zweig anzuschmiegen. Ähnliche Einrichtungen sind sehr häufig, so hat Krieg[1] bei Beutelratten die Bildung einer Greifrinne an der Hinterhand beschrieben.

Murmeltier.

a) Hand (Abb. 12). Die Hand ist im Vergleich zur zierlichen schmalen des Eichhörnchens eine dicke, kräftige Tatze mit 4 Fingern, die mit kräftigen, nicht sehr scharfen Krallen bewehrt sind. Der Daumen fehlt völlig. Die Dorsalseite ist dicht behaart, die Planta ist nackt. Die Ballen sind in gleicher Zahl und auch in gleicher Weise wie beim Eichhörnchen angeordnet: 2 Proximalballen, 3 Zwischenballen und an jedem Fingerendglied ein Zehenballen. Alle Ballen sind außerordentlich stark entwickelt und tragen eine dicke Hornschicht. Die Proximalballen sind so lang, daß sie wie kleine Säckchen der Planta aufliegen, von der man sie abheben kann. Der mediale Ballen scheint auch aktiv abduzierbar zu sein.

[1] Krieg: Z. Morph. u. Ökol. Tiere **1** (1924).

b) Fuß (Abb. 17). Der Fuß ist fünfzehig. Die Dorsalseite ist wie bei der Hand behaart, die Planta ist nackt und wirkt sehr schwielig und faltig. Es lassen sich aber die Ballen auf das gleiche Verteilungsschema wie beim Eichhörnchen zurückführen. Jede Zehe hat einen Zehenballen. An der Basis des Hallux, zwischen der Basis der 3. und 4. Zehe und an der Basis der 5. Zehe befindet sich je ein Zwischenballen. Außerdem befindet sich noch vor diesen Ballen an der lateralen und medialen Seite der Planta je eine schwielige Verdickung, die ich aber nicht in Angleichung an die Hand als Proximalballen bezeichnen möchte, da sie nicht entsprechend —

Abb. 13. Biberhand.

a b

Abb. 14. Hasenhand. a im Haar, b geschoren.

frei abstehend — entwickelt sind und keinerlei Beziehungen zu den Beugersehnen des Fußes wie die Proximalballen der Hand haben.

Hand und Fuß des Murmeltieres deuten sehr klar auf die Funktion der Extremitäten hin. Die dicke Verhornung der Hand- und Flußfläche im allgemeinen und der Ballen im besonderen läßt eine Schutzschicht gegen mechanische Verletzungen bei der Grabtätigkeit erkennen. Hand und Fuß sind in gleicher Weise geschützt. Dadurch wird die Annahme unterstützt, daß die Beine ebenso wie die Arme beim Graben Anwendung finden. Da die Proximalballen der Hand so stark entwickelt sind, möchte ich glauben, daß gerade sie in ganz besonderem Maße beim Scharrgraben die Erde, die von den Krallen, vielleicht auch von den Zähnen[1], gelockert wurde, beim Rücktransport angreifen. Sie sind sicher ein Kennzeichen der Grabtätigkeit. Das Eichhörnchen hat aber gerade diese Ballen auch sehr stark entwickelt, das verlockt zu folgendem Schluß: Als früheres grabendes Bodentier wurden bei ihm die Proximalballen entwickelt;

[1] Bei grabenden Nagern spielen zweifellos die Nagezähne eine bisher meist unterschätzte Rolle beim Graben. Krieg beobachtete bei Kammratten *(Ctenomys)* im Chaco, daß sie das Loslösen der Erde fast ausschließlich mit den Zähnen vornahmen.

als es dann aber zum Baumleben überging, übernahmen sie, speziell der mediale Ballen wegen seiner günstigen Lage, die Funktion des Daumens, der ja während des Bodenlebens reduziert worden war. Wenn aber diese ursprünglich für das Graben geschaffenen Ballen einem Klettertier in kaum veränderter Form nützlich sein können, steigern sie auch beim

Abb. 15. Eichhörnchenfuß.

Abb. 16. Biberfuß.

Murmeltier die Kletterfähigkeit. Und es ist nun nicht mehr verwunderlich, daß das Murmeltier oft sehr steile Felsen zum Ausguck zu erklettern vermag.

Biber.

a) Hand (Abb. 13). Die Dorsalseite der Biberhand ist kurz behaart. die Palma ist nackt. Die Hand hat 5 Finger, wobei auffällig ist, daß Pollux und Index nur sehr schwach entwickelt sind und der Daumen außerdem nicht opponierbar ist. Die Finger tragen kräftige, dicke Krallen, die nicht sehr spitz sind. An Ballen sind nur die beiden Proximalballen ausgebildet, die aber bei oberflächlicher Betrachtung als solche gar nicht zu erkennen sind. Erst die spätere Untersuchung wird die Homologie

genauer zeigen. Der laterale Ballen liegt als dickes, breites eiförmiges Polster proximal des 5. Fingers. Der mediale Ballen ist dem Pollux und dem Index direkt vorgelagert.

b) Fuß (Abb. 16). Der Fuß ist auf der Plantarfläche nackt. Es sind 5 Zehen ausgebildet, die durch eine kräftige Schwimmhaut, die bis zu den

Abb. 17. Murmeltierfuß.

a b

Abb. 18. Hasenfuß. a im Haar, b geschoren.

Krallen reicht, miteinander verbunden sind. Die Krallen sind kräftig und breit. An der 2. Zehe befindet sich eine merkwürdige Doppelkralle, über deren biologische Bedeutung keinerlei Erklärung zu finden ist. Sie wird gelegentlich als Putzkralle bezeichnet, jedoch gibt es keine Beobachtung, die diese Benennung rechtfertigen könnte. Auffällig ist auch, daß die 1. und 2. Zehe relativ schwach entwickelt sind. Wenn auch die Planta mit einer dicken Hornschicht versehen und „gepolstert" ist, kann doch von eigentlicher Ballen- und Schwielenbildung keine Rede sein.

Die Biberhand ist, nachdem wir die Murmeltierhand kennengelernt haben, zunächst nicht ohne weiteres als Grabhand zu erkennen. Sie ist auch nicht in gleich hohem Maße für die Grabtätigkeit spezialisiert.

Jedoch sind auch hier einige Merkmale sehr charakteristisch. Auch hier finden wir eine starke Entwicklung der Proximalballen, die wir bereits als Gräbermerkmal erkannt haben. Dagegen ist hier der Daumen nicht reduziert, sondern in die Lage der übrigen Finger gerückt, also nicht opponierbar. Er ist dadurch nicht beim Graben hinderlich, zumal durch Supination der Hand nur der 3.—5. Finger den Boden berühren. Hier wurde also in ganz anderer Art eine Grabhand entwickelt, was vielleicht ursächlich daraus zu erklären ist, daß der Biber einen sehr alten, selbständigen Nagetierzweig verkörpert und vielleicht sehr früh von dem hypothetischen primären Baumleben auf den Boden übersiedelte. Die Hand war noch plastischer und konnte ohne zu große Veränderungen, Rück- und Neubildungen, den neuen Anforderungen gerecht werden. Beim Fuß erklärt sich die geringe Entwicklung der 1. und 2. Zehe in ähnlicher Weise aus der Tätigkeit. Da der Biber den Fuß bei der Schwimmbewegung nicht nur in der Sagittalebene bewegt, sondern je weiter er den Fuß kaudalwärts führt, desto mehr die Planta nach innen dreht, haben die lateralen Zehen (3.—5. Zehe) einen größeren Weg bei gleicher Zeit zurückzulegen. Der Widerstand des Wassers ist dementsprechend bei diesen Zehen größer, was eine stärkere Entwicklung zur Folge hat.

Hase.

a) Hand (Abb. 14). Die Hand hat 4 wohlausgebildete Finger und einen reduzierten Daumen, der aber ebenso wie die übrigen Finger mit einer Kralle versehen ist. Die wahre Gestalt der Hasenhand ist infolge ihrer dichten Behaarung, aus der nur die Spitzen der Krallen herausschauen, kaum zu erkennen. Finger und Palma sind von langen, fast weißen Haaren bedeckt. Werden die Haare abgeschoren, so sieht man, daß nicht die gesamte Handfläche unterseits behaart ist, sondern daß nackte Stellen zum Vorschein kommen und zwar liegt auf jeder „Fingerbeere", mit Ausnahme jener des rudimentären Daumens, und an jeder Fingerbasis eine kahle Stelle. Die letzteren sind durch kahle Querbrücken miteinander verbunden.

b) Fuß (Abb. 18). Der langgestreckte Fuß hat 4 bekrallte Zehen und ist in gleicher Weise wie die Hand behaart. Die kahlen Stellen bilden von der Fingerspitze bis zum Mittelfuß ein kontinuierliches Band. Die 4 Bänder sind durch kahle Querbrücken miteinander verbunden. Außerdem befindet sich etwas lateral an der Ferse noch ein weiterer kleiner kahler Fleck.

Beim Fuß ist vom Hallux nichts zu erkennen, auch nicht die Andeutung eines Rudiments. Die Verringerung der Zehenstrahlen finden wir bei allen charakteristischen Läufern, Rennern und Springern (Huftiere, *Jaculus*), und wir gehen wohl nicht fehl, auch hier im Fehlen des ersten Zehenstrahles eine Anpassung an das Laufspringen zu sehen. Die Rückbildung des Daumens läßt sich nicht ohne weiteres erklären. Vielleicht

wirken hier zwei Ursachen gemeinsam. Es ist sehr naheliegend, daß man zunächst wie beim Fuß an eine Anpassung an rasches Laufen denkt. Außerdem scheint es mir immerhin wahrscheinlich, daß der heutige Läufertypus des Hasen, der ja fast nicht mehr gräbt, sondern höchstens scharrt, zurückzuführen ist auf kaninchenartige, viel und geschickt grabende Vorfahren, bei welchen eine Daumenreduktion als Grabanpassung erfolgt sein mag. Die Kralle ist voll entwickelt geblieben, da sie als Putzkralle funktioniert.

Über die kahlen Stellen an den Hasenpfoten ist schon verschiedentlich geschrieben worden. Boas (3) hat sie bereits sehr richtig beschrieben, aber als rudimentäre Ballen gedeutet. S. v. Schumacher (43) stellte in einer genauen histologischen Untersuchung fest, daß es sich um keine Ballen handeln kann. Aber auch er gibt keine Erklärung für die Entstehung oder Bedeutung dieser kahlen Stellen an, sondern stellt lediglich fest, daß sie der Lage der Zehenbeugersehnen entsprechen. Durch Spreizen der Zehen und durch Ziehen an den Zehenbeugersehnen konnte ich feststellen, daß immer an den jeweiligen nackten Stellen die Sehnen fest gegen die Haut drücken und hervortreten. Ich nehme daher an, daß durch diesen Druck, der ja bei jedem Schritt oder Sprung ausgeübt wird, eine normale Durchblutung und damit eine Entwicklung von Haaren verhindert wird. Auch die als besonders rätselhaft erschienenen Querbrücken finden eine einfache Erklärung; denn unter ihnen liegen Sehnenbänder, die die Zehen vor zu großem Gespreiztwerden schützen. Auch sie treten beim Zehenspreizen sehr stark hervor und wirken in der gleichen Weise wie die Beugersehnen hemmend auf die Haarentwicklung. Der histologische Befund Schuhmachers, der besagt, daß es sich beim Hasen nicht um eigentliche Ballen handeln kann, da keine Knäueldrüsen vorhanden sind, findet somit eine Bestätigung von der funktionellen Betrachtung der Extremität her. Die lange Behaarung von Hand und Fuß bildet elastische Polster und sicherlich auch in weitgehendem Maße mechanischen Schutz gegen Verletzungen durch Dornen und Steine. Beides sind wichtige Hilfen für den Hasen als Laufspringer.

Aus den Betrachtungen in den bisherigen Abschnitten der Arbeit geht hervor, daß wir es bei diesen 4 Nagern mit Anpassungstypen zu tun haben, die wir nun nach der Typologie von Böker (8) folgendermaßen einordnen wollen:

Eichhörnchen = sekundärer Krallen- und Schwielenkletterer mit sekundärem Laufen auf den Ästen.
Murmeltier = Scharrgräber.
Biber = Bein-Schwanz-Schwimmer mit etwas Scharrgräbereigenschaften.
Hase = Laufspringer mit Hakenspringen.

Volumenmessung der Extremitätenmuskulatur.

Bevor ich zur Beschreibung im einzelnen übergehe, halte ich es für richtig, einige volumetrische Angaben über die zu untersuchenden

Extremitäten zu machen, die eine rein mengenmäßige Vorstellung von der Muskulatur geben sollen. Dadurch wird erreicht, daß die nachher zu beschreibenden Tatsachen klarer zu erfassen sind. Außerdem wird für die anatomischen Befunde bezüglich der Masse eine zahlenmäßig festgelegte Grundlage geschaffen.

Die Muskeln oder Muskelgruppen wurden herauspräpariert, möglichst gut von anderen Geweben befreit und die Insertionssehnen, gegebenenfalls auch die Ursprungssehnen entfernt, so daß nur der reine Muskelbauch, also der aktive Teil, gemessen wurde. Es wurde die Wasserverdrängung in einem Meßzylinder bestimmt. Mir ist klar, daß dabei die Fehlerquellen relativ groß und zahlreich sein können, denn der jeweilige Zustand (frischtotes Tier, Alkohol- oder Karbolleiche) wirkt sich in erster Linie auf das Volumen aus. Bei S, M und L hatte ich frischtote Tiere, die ich mit einer 5%igen Karbollösung möglichst lange in einem Zustand, der dem frischtoten gleichkommt, erhielt. Kontrollversuche ergaben, daß sich das Volumen bei Anwendung von 5%iger Karbolsäure nicht merklich ändert. Bei Alkoholleichen, wie bei Cc, läßt sich durch Aufweichen und Wässern ein Zustand erreichen, der ebenfalls dem frischtoten sehr nahe kommt; auch hier wurde eine Kontrolle an einem Eichhörnchen durchgeführt. Der Spannungszustand der Fascien ist ein gutes Maß, um den richtigen Zeitpunkt zur Messung zu erkennen. Wenn auch dadurch beim Biber leichter kleine Abweichungen möglich sind, so ist doch ein Vergleich mit den übrigen Tieren ohne weiteres zulässig, da die tatsächlichen und hier verwerteten Unterschiede sehr groß sind.

Die Tabelle 2 (S. 335) zeigt in den ersten 4 Spalten die absoluten und in den nächsten 4 die relativen Maße, bezogen auf das relative Rumpfmaß (R.M.).

Das relative Volumen, bezogen auf das R.M., gibt aber nicht immer eine richtige Vorstellung von der mengenmäßigen Verteilung der Muskulatur. Es ist daher notwendig, noch in anderer Weise zu vergleichen. In der folgenden kleinen Tabelle (Tabelle 1) stelle ich zunächst der gesamten gemessenen Extremitätenmuskulatur die Rumpflänge gegenüber, um festzustellen, in welchem Verhältnis die Extremitätenmuskulatur zum zu tragenden oder zu bewegenden Körper steht.

Tabelle 1.

	S	M	Cc	L
$\frac{\text{Extremitäten-Mm.}}{\text{R.M.}} \cdot 10$ . .	$\frac{24{,}66}{126}$	$\frac{87{,}25}{280}$	$\frac{46{,}68}{195}$	$\frac{122{,}13}{304}$
Index	1,93	2,75	2,39	4,02

Das Ergebnis zeigt deutlich, wie sehr der Hase in der Muskelmasse überwiegt. Die übrigen drei Werte liegen in Wirklichkeit noch näher zusammen, denn man muß auch die Körpermasse in Betracht ziehen,

die von den Extremitäten zu tragen ist. Biber und Murmeltier haben einen relativ schweren Körper, dementsprechend haben die Extremitäten allein schon beim Stützen des Rumpfes eine größere Arbeit zu leisten, als es der Fall beim schlanken Eichhörnchen ist. Wir müssen also, um die Tätigkeit der Mm. richtig verstehen zu können, die Ergebnisse von S, M und Cc einander etwas mehr angleichen. Aber als positives Resultat bleibt bestehen, *daß der Hase eine außerordentlich stark entwickelte Muskulatur an den Extremitäten besitzt.*

Tabelle 2.

Skeletteil	Absolutes Maß in mm von				Relatives Maß von			
	S	M	Cc	L	S	M	Cc	L
Rumpflänge	126	280	400	304	100	100	100	100
Kopf	53	98	145	105	42	35	38,3	35
Halswirbel	22,5	43	50	65	17,9	15,4	13	21,7
Brustwirbel	44	123	177	76	34,9	43,9	44,3	25,0
Lumbalwirbel	74	118	129	178	58,7	41,4	32	58,6
Sacralwirbel	21	52	79	46	16,7	18,6	19,8	11,8
Schwanzwirbel	171	161	475	111	135,7	57,5	118,8	37
Abstand der Schultergelenke	35,2	76	111	59	27,9	27,3	27,8	15,3
Humerus, physiol. Länge	36,5	67,5	86,5	83	29	24,1	21,8	27,3
Unterarm, physiol. Länge	37	67,5	88	93,4	29,4	22,7	22	30,7
Unterarm, größte Länge	44	80	122,5	108	34,9	28,6	30,8	35,5
Hand, physiol. Länge mit Krallen	37	61	75	65	29,4	21,8	19	21,7
Physiologische Breite des Beckens	20	32	71	42	15,9	11,4	17,8	13,8
Femur, physiol. Länge	53	84	107,5	107	42	30	26,9	35,2
Unterschenkel, physiol. Länge	62	79	131,5	135	45,6	28,2	32,8	44,4
Fuß, physiol. Länge	57	79	151	124	45,2	28,2	37,8	40,8
Fuß, größte Länge	64,5	88	171,5	138,5	51,2	31,4	42,9	45,5

Vorderextremität.

In den weiteren Tabellen sollen nun die einzelnen Extremitäten und Extremitätenabschnitte näher betrachtet werden.

In der Tabelle 4 (S. 337) wird die Gesamtarmmuskulatur auf die Gesamtarmlänge bezogen.

Tabelle 3.

Muskel	Absolutes Maß in ccm von				RV. bezogen auf RM.			
	S	M	Cc	L	$\frac{S}{126}$	$\frac{M}{280}$	$\frac{Cc}{195}$	$\frac{L}{304}$
Latissimus dorsi	2,5	9,5	4,7	15	1,99	3,39	2,41	4,93
Deltoideus 1. Portion	0,75	3,0	1,8	1,7	0,60	1,72	0,92	0,56
Deltoideus 2. Portion		1,2		0,7		0,43		0,23
Deltoideus 3. Portion		0,8				0,28		
Deltoideus 4. Portion		2,2				0,78		
Teres major	1,00	3,5	1,1	9,5	0,80	1,25	0,56	3,12
Subscapularis	1,00	7,7	1,8	8,0	0,80	2,75	0,92	2,63

Tabelle 3 (Fortsetzung).

Muskel	Absolutes Maß in ccm von				RV. bezogen auf RM.			
	S	M	Cc	L	S / 126	M / 280	Cc / 195	L / 304
Supraspinatus	0,7	8,00	1,4	13,5	0,56	2,86	0,72	4,44
Infraspinatus	0,7	5,6	2,0	10,0	0,56	2,0	1,03	3,29
Teres minor				1,5				0,49
Extensor antibrachii parvus	0,5	1,9	—	0,5	0,40	0,68	—	0,16
Triceps brachii caput laterale	0,5	7,3	1,0	8,0	0,40	2,61	0,51	2,63
Triceps brachii caput longum	1,00	13,4	3,4	17,0	0,80	4,78	1,74	5,59
Triceps brachii caput mediale	0,6	6,05	1,2	2,7	0,48	2,16	0,62	0,89
Gleno-ulnaris	1,00	3,0	1,1	4,5	0,80	1,72	0,56	1,48
Brachialis	0,25	2,4	1,0	1,7	0,20	0,86	0,51	0,56
Coracobrachialis	0,25	0,6	0,2	0,7	0,20	0,22	0,10	0,23
Brachioradialis	—		—	—	—		—	—
Extensor carpi radial. long.			1,4	1,9			0,72	0,64
Extensor carpi radial. brevis								
Abductor pollicis longus	—		0,2	0,6	—		0,20	0,20
Abductor pollicis brevis	—							
Extensor digitorum communis	0,9	11,7	0,4	1,3	0,71	4,19	0,21	0,46
Extensor digiti tertii			—	—			—	—
Extensor indicis			0,15	—			0,08	—
Extensor digiti minimi	—		0,2	0,5	—		0,10	0,16
Extensor digiti quarti	—		—		—		—	
Ulnaris externus			0,5	0,2			0,26	0,07
Palmaris longus			0,3	—			0,15	—
Flexor carpi radialis			0,4	0,5			0,21	0,16
Flexor carpi ulnaris	1,3	16,8	0,6	1,6	1,03	6,00	0,31	0,53
Flexor digitorum sublimis			0,5	2,3			0,26	0,79
Flexor digitorum profundus			1,0	4,4			0,51	1,45
Pronator teres	0,2	1,7	0,5	0,2	0,16	0,61	0,26	0,07
Supinator	0,05	0,4	0,2	—	0,04	0,14	0,10	—
Sartorius	—	—	—	4,5	—	—	—	1,48
Biceps femoris I	1,35	3,9	2,7	37,5	1,07	1,39	1,38	12,34
Biceps femoris II	2,5	8,7	3,1	22,5	1,99	3,11	1,59	7,40
Gracilis	1,4	4,8	1,2	8,4	1,11	1,71	0,62	2,76
Glutaeus maximus	0,7	3,9	3,1	5,5	0,56	1,39	1,59	1,81
Glutaeus medius	0,7	8,9	7,5	9,0	0,56	3,17	3,85	2,96
Glutaeus minimus		1,8		8,2		0,64		2,70
Semitendinosus	1,2	5,0	4,8	13,5	0,95	1,78	2,46	4,44
Semimembranosus	1,6	10,1	5,7	3,5	1,27	3,61	2,92	1,55
Quadriceps femoris	4,0	25,5	7,2	51,5	3,17	9,10	3,69	16,95
Quadriceps rectus femoris	1,2	8,9	2,7	10,9	0,95	3,17	1,38	3,09
Quadriceps vastus lateralis	2,2		3,6	22,2	1,75		1,85	7,30
Quadriceps vastus medialis		3,3	0,9	9,2		1,18	0,46	3,03
Quadriceps vastus intermedius		13,3		7,0		4,78		2,33
Subcrurales				2,2				0,72
Adduktoren-Gruppe		20,2	5,7	53,0		7,20	2,92	17,43
Gastrocnemius lateralis			2,7	7,7			1,38	2,53
Gastrocnemius medialis	1,4	9,0	3,6	4,8	1,11	3,21	1,85	1,58
Soleus			1,0	1,8			0,51	0,59
Plantaris	0,7	5,6	3,5	6,2	0,56	2,0	1,79	2,05
Tibialis anterior	1,2		3,5	2,6	0,9 5		1,79	0,86
Extensor digitorum communis		7,4	0,5	3,6		2,64	0,26	1,15
Extensor hallucis longus			0,3	—			0,15	—
Tibialis posterior			0,4	0,5			0,21	0,16
Flexor digitorum communis		4,5	2,3	4,4		1,61	1,18	1,45
Flexor hallucis	1,0	1,0	0,5	—	0,80	0,36	0,26	—
Peronaeus-Gruppe		2,3	2,0	2,7		0,82	1,03	0,89

Tabelle 4.

	S	M	Cc	L
$\frac{\text{Gesamtmuskulatur}}{\text{Gesamtarmlänge}} \cdot 100$	$\frac{6,55}{110,5}$	$\frac{53,75}{196,0}$	$\frac{14,25}{150,5}$	$\frac{53,60}{241,4}$
Index	5,93	27,40	9,47	22,20

Man sieht eindeutig, daß M und L sehr stark entwickelte Armmuskulatur besitzen. S hat auffallend wenig Masse. Aber das ist natürlich nur relativ zu nehmen. Wir haben es bei M und L mit Extremfällen zu tun. Die Abbildung von der Eichhörnchenmuskulatur (Abb. 27) zeigt, daß das Eichhörnchen durchaus nicht schwächlich ist. Um die Bedeutung dieser Ergebnisse richtig verstehen zu können, muß man noch weiter ins einzelne gehen.

In der nächsten Tabelle soll die jeweilige Bedeutung der Ober- und Unterarmmuskulatur herausgestellt werden.

Tabelle 5.

	S	M	Cc	L
Unterarm-Mm.	2,45	30,6	6,35	13,5
Oberarm-Mm.	3,6	20,75	7,9	34,6
Index	0,68	1,47	0,80	0,39

Die Zahlen geben schon ein sehr klares Bild. Bei S und Cc finden wir eine „normale" — etwa dem Menschen entsprechende — Verteilung der Armmuskulatur: Die Oberarm-Mm. sind etwas stärker entwickelt als die des Unterarms. Diese nehmen bei S rund $^2/_3$, bei Cc rund $^3/_4$ der Oberarmmuskulatur ein. Bei M sind die Unterarm-Mm. außerordentlich stark entwickelt. Nimmt man das Mittel von S und Cc als normal an, so ist bei *Marmotta* die Unterarmmuskulatur dem Oberarm gegenüber um das Doppelte verstärkt. Bei L ist es gerade umgekehrt: Die Unterarmmuskulatur ist nur halb so stark, wie im „Normalfall". Die Ergebnisse von M und L lassen wohl eindeutig einen sicheren Schluß hinsichtlich der Funktion zu. Das Murmeltier braucht als Gräber besonders die Unterarmmuskulatur, denn beim Graben werden besonders Finger und Hand beansprucht. Die dazugehörigen Mm. liegen im Unterarm und sind demgemäß stark entwickelt. Der Hase als Laufspringer braucht die Vorderextremität in erster Linie zur Fortbewegung, d. h. es müssen möglichst weit ausgreifende Bewegungen gemacht werden können. Diese aber werden neben dem Schultergelenk auch durch das Armgelenk erreicht. Ganz besonders aber ist die Bewegung im Armgelenk am Auffangen des Körpers auf dem Boden und an dem Wiederabstoßen beteiligt. Es handelt sich also um Bewegungen des Unterarms, die entsprechenden Muskeln liegen im Oberarm; sie sind demgemäß stark entwickelt.

Aber erschöpfend für ein klares Bild der Muskelverteilung sind diese Ergebnisse noch nicht. Um sich von der Mächtigkeit oder Dicke der Muskulatur an einem Extremitätenabschnitt eine Vorstellung machen zu

können, muß man die Muskelmasse in Beziehung zur physiologischen Länge des betreffenden Extremitätenabschnittes bringen.

Tabelle 6.

	S	M	Cc	L
$\frac{\text{Oberarmmuskulatur}}{\text{Oberarm, physiol. Länge}} \cdot 10$	3,6 / 36,5	20,75 / 67,5	7,9 / 50,0	34,6 / 83,0
Index	0,99	3,07	1,58	2,40

Diese Zahlen zeigen, daß auf eine Längeneinheit des Oberarms beim Murmeltier die dreifache Muskelmasse als beim Eichhörnchen kommt. L und Cc liegen in gleichen Abständen dazwischen. Wenn wir also oben sahen, daß der Hase die Oberarmmuskulatur am stärksten entwickelt hat, so war damit nicht gesagt, daß sie auch entsprechend kompakt ist. Wir sehen hier, daß das vielmehr beim Murmeltier der Fall ist.

Betrachten wir nun in gleicher Weise den Unterarm!

Tabelle 7.

	S	M	Cc	L
$\frac{\text{Unterarmmuskulatur}}{\text{Unterarm, physiol. Länge}} \cdot 10$	2,45 / 37,0	30,6 / 67,5	6,35 / 53,5	13,5 / 93,4
Index	0,66	4,53	1,19	1,44

Hier sind die Unterschiede noch größer. Die Muskelmasse beim Murmeltier beträgt pro Längeneinheit des Unterarms fast das Siebenfache des Eichhörnchens. Der Hase hat reichlich das Doppelte, der Biber etwas weniger.

Zusammenfassend können wir als Ergebnisse der Volumenmessung der Muskulatur der Vorderextremität für die einzelnen Tiere feststellen:

1. Eichhörnchen.

Das Eichhörnchen hat eine relativ schwache Muskelmenge entwickelt, was aus seiner allgemeinen Schlankheit zu erklären ist, nicht aber auf eine Schwäche schließen läßt. Ober- und Unterarmmuskulatur stehen in einem normalen Verhältnis zueinander. Vielseitige Anwendung der Extremität!

2. Murmeltier.

Das Murmeltier ist sehr stark muskulös. Die Unterarmmuskulatur übertrifft bei weitem die des Oberarms. Die Extremität muß Arbeit leisten, die Kraftanstrengungen erfordert. Besonders werden Hand und Finger beansprucht.

3. Biber.

Beim Biber ist die Muskulatur der Vorderextremität auffallend schwach entwickelt. Da der Biber auch Gräber ist, möchte man zunächst

eine stärkere Entwicklung annehmen. Aber wir werden später bei der Besprechung der Hautmuskulatur sehen, daß diese beim Biber in den Dienst der Extremitäten gestellt wird. Die Verteilung der Muskelmasse auf Ober- und Unterarm ist ein wenig zugunsten des Unterarms über das normale Maß hinaus verschoben, was durch die Grabtätigkeit seine Erklärung finden mag.

4. Hase.

Die Vorderextremität des Hasen hat sehr viel Muskelmasse, die aber ausschließlich dem Oberarm zukommt, der dreimal so stark als der Unterarm ist. Hand- und Fingerbewegungen spielen bei der Laufsprungbewegung eine untergeordnetere Rolle. Da außer der Schultermuskulatur auch die Oberarmmuskeln, die den Unterarm besonders beim Aufspringen und Wiederabstoßen vom Boden bewegen, stark bei der Bewegung der Vorderextremität beteiligt sind, zeigen sie eine relativ starke Entwicklung.

Hinterextremität.

Zunächst beziehe ich wieder wie bei der Vorderextremität die Gesamtbeinmuskulatur auf die physiologische Gesamtbeinlänge.

Tabelle 8.

	S	M	Cc	L
$\frac{\text{Gesamtbeinmuskulatur}}{\text{Gesamtbeinlänge}} \cdot 100$ . .	$\frac{17{,}75}{172}$	$\frac{122{,}6}{242}$	$\frac{61{,}3}{230}$	$\frac{251{,}4}{366}$
Index	10,32	50,66	26,65	68,69

Wir finden hier ganz ähnliche Verhältnisse wie beim Arm. L und M sind extrem muskulös.

Tabelle 9.

	S	M	Cc	L
$\frac{\text{Unterschenkelmuskulatur}}{\text{Oberschenkelmuskulatur}}$	$\frac{4{,}80}{11{,}55}$	$\frac{29{,}8}{79{,}2}$	$\frac{20{,}3}{30{,}4}$	$\frac{34{,}3}{199{,}9}$
Index	0,42	0,38	0,67	0,17

Diese Tabelle zeigt wieder etwas sehr Wesentliches. Bei S und M stellt die Unterschenkelmuskulatur etwa $^3/_5$ der Oberschenkelmuskulatur dar. Beim Biber sind es $^2/_3$ und beim Hasen nur $^1/_6$. Ich möchte die Verhältnisse bei S und M wieder als normal bezeichnen. Der Biber als Schwimmer und zwar als Beinschwimmer — die Arme werden, wie wir weiter oben sahen, beim Schwimmen still gehalten — muß in erster Linie den großen Fuß bewegen, mit dem er das Wasser verdrängt. Daher sind die Unterschenkelmuskeln, die diese Bewegung auszuführen haben, so stark

entwickelt. Beim Hasen dagegen liegen die Verhaltnisse gerade umgekehrt. Ein großer Schritt oder Sprung wird erreicht, wenn die Extremität im Hüftgelenk in sagittaler Richtung kraftvolle Bewegungsmöglichkeit hat. Es müssen also starke Muskeln vom Becken zum Oberschenkel führen. Gleichzeitig aber ist es notwendig, daß beim Sprung eine kräftige Streckung im Kniegelenk möglich ist. Die Kniestrecker liegen aber auch am Oberschenkel. *Dadurch erklärt sich leicht die große Entwicklung der Oberschenkelmuskulatur beim Hasen.*

Die folgende Tabelle zeigt, wieviel Muskulatur auf die Längeneinheit beim Oberschenkel kommt.

Tabelle 10.

	S	M	Cc	L
$\frac{\text{Oberschenkelmuskulatur}}{\text{Oberschenkel, physiol. Länge}} \cdot 10$	11,55 / 53	79,2 / 84	30,4 / 51,5	199,9 / 107
Index	2,18	9,43	5,90	18,68

Nach dem vorigen Ergebnis ist schon zu erwarten, daß der Hase trotz des relativ langen Femur die weitaus größte Masse pro Längeneinheit besitzt. Wir sehen hier noch einmal, daß beim Hasen in der Verteilung der Muskelmasse eindeutig eine starke Spezialisierung zum Laufen und Springen zu sehen. Beim Eichhörnchen fällt zunächst wieder der kleine Wert auf, der aber nicht verwunderlich ist, wenn man bedenkt, daß das Eichhörnchen das relativ längste Femur besitzt.

Tabelle 11.

	S	M	Cc	L
$\frac{\text{Unterschenkelmuskulatur}}{\text{Unterschenkel, physiol. Länge}} \cdot 10$	4,8 / 62	29,8 / 79	20,3 / 82,5	34,3 / 135
Index	0,77	3,77	2,46	2,54

Beim Unterschenkel liegen die Verhältnisse wieder anders. Da das Murmeltier einen relativ kurzen Unterschenkel hat, konnte man von der Tabelle 9 einen falschen Eindruck bekommen. Wir sehen aber jetzt, daß auch der Unterschenkel des Murmeltieres sehr stark muskulös ist. Der verhältnismäßig noch sehr hohe Wert beim Hasen zeigt uns, daß auch die Unterschenkelmuskulatur des Hasen sehr gut entwickelt ist. Man darf also nicht aus Tabelle 9 von der so überwiegenden Muskelmasse des Oberschenkels auf eine geringe Entwicklung der Unterschenkelmuskulatur schließen.

Abschließend läßt sich über die mengenmäßige Verteilung der Muskeln der Hinterextremität für die einzelnen Tiere sagen:

1. Eichhörnchen.

Beim Eichhörnchen ist eine relativ schwache Muskelmasse entwickelt, was sich aber aus der Schlankheit des Gesamtkörpers und auch aus der Länge der einzelnen Extremitätenabschnitte erklärt.

2. Murmeltier.

Die Muskeln der Hinterextremität sind beim Murmeltier stark entwickelt. Der Unterschenkel ist besonders muskulös, was wohl mit dem Rückwärtstransportieren der Erde beim Graben zusammenhängt.

3. Biber.

Beim Biber fällt die starke Entwicklung der Unterschenkelmuskulatur derjenigen des Oberschenkels gegenüber auf, was in Beziehung zur Schwimmbewegung zu bringen ist, aber auch mit der starken Entwicklung der Hautmuskulatur, die zum Teil in den Dienst der Extremität gestellt wurde und hier nicht berücksichtigt ist, zusammenhängt.

4. Hase.

Beim Hasen ist die Oberschenkelmuskulatur extrem stark entwickelt und weist eindeutig auf eine Anpassung an das Laufspringen hin. Aber auch der Unterschenkel ist recht muskulös.

Anschließend möchte ich noch kurz die Indices der Gesamtarmmuskulatur mit den Indices der Gesamtbeinmuskulatur in Beziehung bringen.

Tabelle 12.

	S	M	C	L
Indices Gesamt-Armmuskulatur	5,93	27,40	9,47	22,2
Indices Gesamt-Beinmuskulatur	10,32	50,66	26,65	28,69
Index	0,58	0,55	0,36	0,32

Das Ergebnis ist außerordentlich bezeichnend. Eichhörnchen und Murmeltier wenden die Arme in viel stärkerem Maße an als Biber und Hase, bei denen die Beine die Hauptrolle bei der Fortbewegung spielen.

Anatomie der Extremitätenmuskulatur.

Hautmuskulatur.

Die Hautmuskulatur spielt beim Eichhörnchen und beim Hasen für die Fortbewegung eine sehr untergeordnete Rolle; lediglich ein kleines Faserbündel des M. cutaneus maximus geht unter die Achsel, um sich hier mit M. latissimus dorsi und M. teres major zu verbinden. Beim Murmeltier ist das gleiche Faserbündel wesentlich stärker ausgebildet und schickt außer zum M. lat. dorsi noch eine kräftige Portion zur Pektoralis-Gruppe. Außerdem sendet der M. cutaneus scapulae et humeri eine stark

entwickelte Portion zum Acromion, die wichtig für die Bewegung sein dürfte. Ich halte es für möglich, daß dieser Muskel beim Losreißen von Bodenteilen durch die Hand mithilft, die Scapula in ihrer Lage festzuhalten. Aber eine viel wichtigere Rolle scheint die Hautmuskulatur beim Biber zu spielen. Der Bauchhautmuskel (M. cutanaeus maximus) ist sehr stark entwickelt. Die Ventralseite des Rumpfes befindet sich gewissermaßen in einem von diesem Muskel gebildeten Beutel. Das Auffallendste ist aber, daß dieser Muskel das Kniegelenk bedeckt, so daß dieses unter dem Hautmuskel liegt, der mit einer Fascie an fast der ganzen Länge des Humerus inseriert. Der M. quadriceps femoris befindet sich also noch ganz mit in dem Beutel eingeschlossen, während der M. biceps femoris unbedeckt ist. Durch diese Insertion muß der Muskel natürlich stark an der Oberschenkelbewegung beteiligt sein. Er bringt das Femur oralwärts, wirkt als Antagonist des Biceps und der übrigen Oberschenkelmuskeln, die ihn nach der kaudalen Richtung bringen. Während die meisten Fasern in Längsrichtung des Körpers verlaufen, geht eine Portion zwischen den Oberschenkeln fächerförmig auseinander, so daß schließlich die Fasern senkrecht zur Längsrichtung des Körpers verlaufen, und somit, da sie das Kniegelenk erreichen, ähnlich wie der M. gracilis wirken. Durch eine derartige Ausbildung des Bauchhautmuskels ist vielleicht erklärlich, warum die Oberschenkelmuskulatur des Bibers, die doch so wesentlich an der Schwimmbewegung beteiligt ist — wie wir bei der Volumenmessung sahen — relativ schwach entwickelt ist. An der Vorderextremität des Bibers finden wir die Hautmuskulatur in ähnlicher Weise wie beim Murmeltier beteiligt.

Vorderextremität.

Da ich speziell die Muskulatur der freien Gliedmaße untersuchen will, ist der Brust-Schulterapparat selber vernachlässigt worden. Die beiden Schultergürtelknochen, Schlüsselbein und Schulterblatt, tragen aber nicht nur Muskeln des Brust-Schulterapparates selbst, sondern sind in erster Linie Ursprung für viele Muskeln der freien Extremität. Sie müssen daher bei der Beschreibung Berücksichtigung finden.

Skelet.

(Zu den Abbildungen: Die homologen Skeletteile wurden jeweils auf das R.M. bezogen und somit in einem Größenverhältnis dargestellt, welches direkte Vergleiche ermöglicht.)

Scapula und Clavicula (Abb. 19—22). Bei der Scapula sind sehr viele und komplizierte Berechnungsmethoden angewandt worden, um die Verschiedenheiten begrifflich fassen zu können. Ich will aber von ihrer Darstellung absehen, da die Resultate nicht dem Ziele dieser Arbeit entsprechen, denn sie tragen der wirklichen Verteilung der Muskelmasse nicht genügend Rechnung. Ich will mich daher auf die Beschreibung

solcher Merkmale beschränken, die eine Beziehung zur Funktion haben. Es ist durchaus nicht gesagt, daß auf gleich großer Scapulafläche, selbst bei Berücksichtigung der Spinahöhe, das gleiche Muskelvolumen sitzt. In dieser Arbeit soll die Scapula in erster Linie als Trägerin von Oberarmmuskulatur aufgefaßt werden.

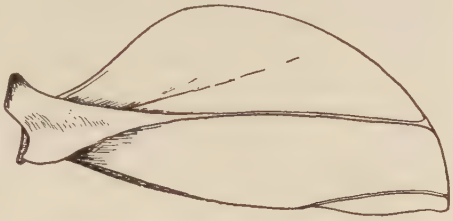

Abb. 19. Scapula vom Eichhörnchen.

Die Scapula wird auf der lateralen Seite durch die Spina scapulae in eine obere Muskelursprungsfläche, die Fossa supraspinata, und eine untere Ursprungsfläche, die Fossa infraspinata, eingeteilt. Die Gestalt des Acromions ist für die einzelnen Tiere sehr charakteristisch. Besonders groß ist der Unterschied zwischen dem Acromion des Hasen und dem der übrigen drei Nager, was seine Hauptursache in der Form der Clavivula hat. Das Schlüsselbein artikuliert bei S, M und C sowohl mit dem Sternum als auch mit dem Acromion, das sich über die Gelenkpfanne der Scapula beugt. Es ist bei allen drei gut entwickelt und ist ein wesentlicher Ursprung und Ansatz für Arm- und Halsmuskeln. Beim Hasen besteht die Clavicula nur aus einem sehr dünnen Knochenstäbchen, das nicht mehr direkt mit Sternum und Scapula in Verbindung steht, sondern nur durch Bänder an beiden Enden diese Verbindung notdürftig aufrecht erhält. Sie hat keinerlei funktionelle Bedeutung mehr und bildet nur mehr die morphologische, nicht mehr die funktionelle Grenze für einzelne Muskeln.

Abb. 20. Scapula vom Murmeltier.

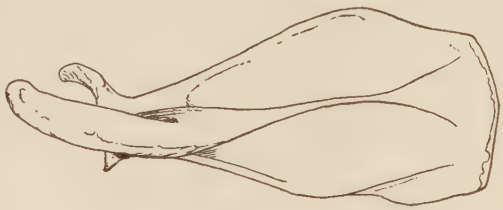

Abb. 21. Scapula vom Biber.

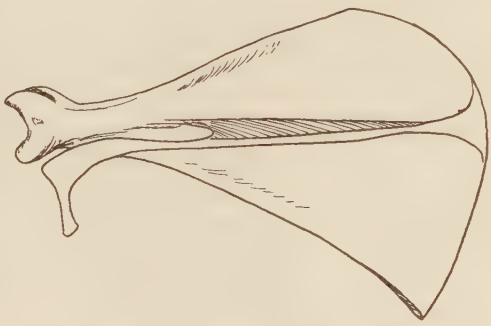

Abb. 22. Scapula vom Hasen.

Die rudimentäre Ausbildung der Clavicula erübrigt daher beim Hasen eine gebogene Verlängerung des Acromions (Abb. 22), das bei ihm ventral abbiegt und einen langen Haken, den Processus hamatus, ausbildet. Bei M besteht auch ein kleiner Fortsatz am ventralen Winkel des Acromions, der aber oral gerichtet ist. Bei S ist die Ausbildung fast genau so; der oral gerichtete Fortsatz besteht aber nur noch aus einem spitzen Winkel. Bei C (Abb. 21) fehlt jede Andeutung eines Processus; das Acromion bildet eine gestreckte Knochenbrücke, die zur Clavicula führt. Wo die Spina scapulae am kaudalen Rand der Scapula flach wird, bildet sie ein Dreieck aus, das beim Biber sehr groß und langgestreckt ist; bei S ist es so klein, daß es kaum noch zu erkennen ist.

Die Fossa supraspinata ist bei S und M größer, bei L kleiner als die Fossa infraspinata; bei C haben sie die gleiche Größe. An der kaudalen Hälfte des unteren Randes der Fossa infraspinata beginnt bei S eine wohl ausgebildete zweite Spina, die bis zum kaudalen Scapularand läuft. Sie ist auch bei den übrigen Arten angedeutet. Bei M und L äußert sie sich lediglich in einer Aufwölbung des Scapularandes, während bei C eine flache, knochige Verstärkung in die Fossa hineingeht. Auffällig ist auch, daß der ventrale Rand der Scapula bei L konkav ist, während er bei den anderen drei Tieren mehr oder weniger konvex verläuft. Die mediale (untere) Scapulafläche zeigt in verschiedener Ausprägung Lineae musculares. Bei M kann man 5 verschiedene Lineae erkennen, bei S ist eine von ihnen sehr stark nach Art einer Spina entwickelt, zwei weitere sind sehr schwach. Bei C ist die Scapulafläche wellig, scharfe Linien sind nicht festzustellen, jedoch befindet sich eine Art Höcker auf der dorsalen Hälfte. Bei L ist ebenfalls auf der dorsalen Hälfte ein Höcker ausgebildet, im übrigen aber ist die Fläche glatt. Nur in der Mitte, im Verlauf der Basis der Spina, ist sie leicht eingeknickt.

Vergleicht man die relative Stärke des Scapulaknochens, so ist sie bei *Castor* kompakter und fester als bei den übrigen. Dies gilt ganz besonders für das Acromion.

Humerus (Abb. 23—26). Der Oberarmknochen des Hasen fällt ganz aus der Reihe der übrigen heraus, die im Grundplan alle sehr übereinstimmend gebaut sind. Bei S, M und C unterscheidet sich der Knochen nur in Stärke und Lage der Ausbildung der einzelnen Merkmale. Die Ansätze und Höcker werden in aufsteigender Reihe von S über M zu C immer ausgeprägter und ausgedehnter. Lateral vom Gelenkkopf liegt das Tuberculum majus, medial das Tuberculum minus. Bei C und M ist das T. majus um vieles stärker als das T. minus, bei S halten sie sich ungefähr die Waage. An der vorderen Seite des oberen Humerusschaftes ist eine Spina humeri ausgebildet, die bei S eine einfache erhöhte Kante bildet, bei M ist sie stärker und lateral ausgekehlt, so daß sie etwas nach der lateralen Seite überfällt, bei C ist sie ein vorspringendes, knöchernes Dreieck, das scharf nach der lateralen Seite abgewinkelt ist. Etwa in der

Mitte des Humerusschaftes beginnt bis zum Condylus lateralis herunterreichend ein blattförmiger Anwuchs (Crista epicondyli), der bei S sehr zart und durchscheinend ist, bei M ist er schon ausladender und kräftiger, bei C aber bildet er ein massives, breites Knochenblatt. Durch die starke Entwicklung der Ansätze bei C wird der Schaft in eine unregelmäßige Form gebracht, die nur entfernt an einen normalen Röhrenknochen erinnert. An der medialen Seite haben S und M ein sehr charakteristisches Merkmal der Sciuroidea ausgebildet, eine kleine knöcherne

Abb. 23. Humerus vom Eichhörnchen.

Abb. 24. Humerus vom Murmeltier.

Abb. 25. Humerus vom Biber.

Abb. 26. Humerus vom Hasen.

Brücke, die über den Canalis supercondyloides führt. Der Humerus des Hasen hat einen großen Gelenkkopf; lateral von ihm befindet sich das hohe Tuberculum majus. Das Tuberculum minus ist nur ganz schwach entwickelt. Die Spina humeri ist kurz und breit. Daran schließt sich der lange, schlanke Schaft an, der ohne irgendwelche Höcker und Ansätze in die Trochlea humeri übergeht. Über der Gelenkrolle ist der Humerus durchbrochen, so daß die beiden Fossae supratrochlearis ineinander übergehen.

(Die Gelenkflächen des Humerus zeigen sehr starke Unterschiede, müssen aber — wie schon einleitend erwähnt wurde — einer späteren Arbeit überlassen werden.)

Ulna und Radius. Das Vorderarmskelet besteht aus zwei Röhrenknochen, die mit ihren proximalen Enden mehr oder weniger übereinander, mit ihren distalen Enden mehr oder weniger nebeneinander liegen.

Die Elle trägt an ihrem proximalen Teil eine halbmondförmige Gelenkfläche für die Trochea humeri. Das die Gelenkfläche überragende Ende, das Olecranon, zeigt sehr verschiedenartige Ausbildung. Zunächst die Länge! Das Olecranon hat bei S = $^1/_8$, bei M = $^1/_6$, bei C = $^1/_5$ und bei L = $^1/_{12}$ der Gesamtlänge. Bei S, M und C verschmälert sich das Olecranon proximalwärts und ist nach der Medialseite leicht eingebogen. Bei L ist ein tiefer Sulcus vorhanden; bei S und M ist er ebenfalls angedeutet, bei C fehlt er ganz. Der Ulnaschaft ist in allen Fällen abgeflacht, bei L darüber hinaus auch noch stark verschmälert und wird damit so schwach, daß er ohne die Stütze des Radius nicht als selbständiger Knochen würde bestehen können. Durch die Verschmälerung ist der Ulnaschaft des Hasen wesentlich dünner als der Schaft des Radius. Beim Biber ist es umgekehrt, hier ist der Ulnaschaft doppelt so stark als der des Radius. Beim Eichhörnchen und beim Murmeltier halten sich beide ungefähr die Waage, nur daß der Schaft des Radius rund ist. Der Ulnaschaft des Bibers hat an der lateralen Seite eine starke Längsrinne, die sehr charakteristisch für Biber sein dürfte.

Der Radius ist proximal zu einer Gelenkfläche ausgebildet, welche die Ulnagelenkfläche dorsalwärts vergrößert und somit ebenfalls mit der Trochlea humeri artikuliert. Am distalen Ende verdickt sich der Radius wie auch die Ulna und trägt hier verschiedene Gelenkflächen, welche mit den Mittelhandknochen artikulieren. Der Radiusschaft zeigt wenige Unterschiede; bei M ist er außer der normalen ventralen Krümmung auch stark medial gebogen. Diese Biegung gestattet dem Radius am distalen Ende *neben* der Ulna zu lagern. Bei L sind Radius und Ulna derart miteinander verwachsen, daß sie eine Einheit bilden. Bei S und C liegen sie schräg übereinander, so daß die Ulna lateral unten und der Radius medial oben liegt. Durch die Lage der Unterarmknochen ist die Handstellung bedingt. Beim Hasen als Läufer und beim Murmeltier als Gräber steht die Handfläche genau ventral gerichtet, beim Biber, der in Supinationsstellung gräbt — wie wir bereits bei Besprechung der Hand fanden — steht die Hand in der Ruhe bereits leicht supiniert. Bei Eichhörnchen ist es ganz ähnlich, was ich mit der vielseitigen Anwendungsmöglichkeit in Verbindung bringe. Auch die vielseitige menschliche Hand hat in der Ruhe die gleiche Stellung. Bewegungen zwischen Radius und Ulna sind beim Hasen völlig ausgeschlossen, bei den übrigen drei aber möglich, ganz besonders beim Murmeltier.

Die Muskulatur des Armes teilt sich der Lage nach in folgende Gruppen: 1. Schultermuskeln, die den Arm bewegen, 2. Oberarmmuskeln, 3. Unterarmmuskeln.

Schultermuskeln, die den Arm bewegen (Abb. 27—30).

Die 9 Muskeln, die den Oberarm bewegen, also am Humerus inserieren, haben einen recht verschiedenen Ursprung.

M. supraspinatus liegt in der Fossa supraspinata der Scapula, die von ihm ganz ausgefüllt wird; die Fasern entspringen von der ganzen Fläche der Fossa und der Spina scapulae, konvergieren in Richtung des Humeruskopfes, wo sie am Tuberculum majus inserieren. Beim Hasen

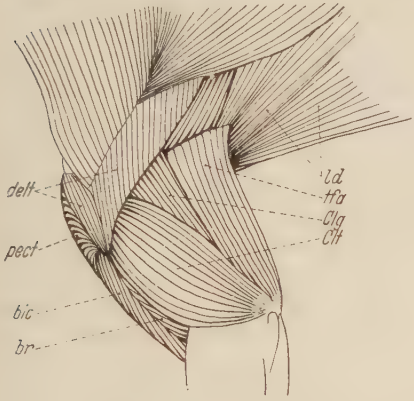

Abb. 27.

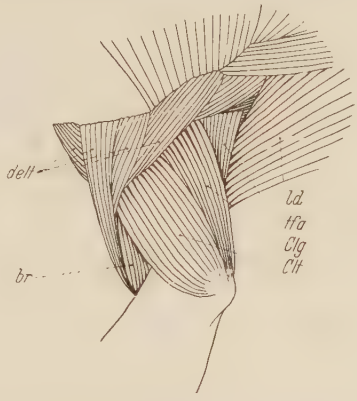

Abb. 28.

Abb. 27. Schulter- und Oberarmmuskeln vom Eichhörnchen. *delt* M. deltoideus, *pect* Mm. pectoral., *bic* M. biceps brachialis, *br* M. brachialis, *ld* M. latissimus dorsi, *tfa* M. tensor fasciae antibrachii, *C lg* Caput longum tricipitis, *C lt* Caput lateralis tricipitis.

Abb. 28. Schulter- und Oberarmmuksulatur vom Murmeltier. Abkürzungen wie Abb. 27.

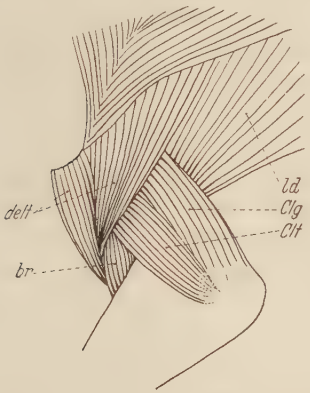

Abb. 29. Schulter- und Oberarmmuskeln vom Biber. Abkürzungen wie Abb. 27.

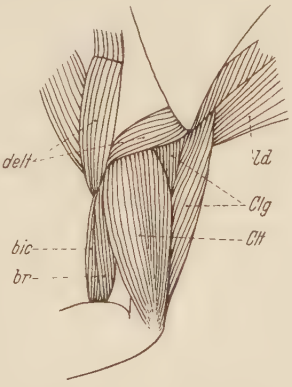

Abb. 30. Schulter- und Oberarmmuskeln vom Hasen. Abkürzungen wie Abb. 27.

ist in die Insertionssehne eine Knorpelplatte eingelagert, die auffallend an die Patella der Hinterextremität erinnert und auf dem Humeruskopf gleitet.

M. infraspinatus liegt in der Fossa infraspinata, die ganz von ihm ausgefüllt wird. Die Fasern entspringen von der ganzen Fläche der Fossa und von der Spina scapulae. Die Muskelbündel gehen in eine Sehne über, die an der lateralen Seite des Tuberculum majus inseriert.

Diese beiden Muskeln, so grundsätzlich übereinstimmend sie auch in allen vier Fällen sind, zeigen doch eine recht verschiedene Entwicklung des relativen Volumens. Bei S quellen die Muskelbäuche gewissermaßen aus den Fossae heraus, der Raum ist auf das größtmögliche Maß ausgenutzt worden, daher ist auch die Spina relativ hoch und das „Spinadreieck" so klein. Reinhardt (50) hält das für ein Merkmal der Springer; er fand beim *Hulman* sehr große Spinalgrubenmuskeln. Bei C sind die Muskeln viel flacher und die Spinaloberfläche ist nicht in dem Maße von Muskelmasse bedeckt, das Spinaldreieck ist groß und ausgedehnt.

M. teres minor. Dieser M. ist mit dem Infraspinatus derart verwachsen, daß man ihn nur gewaltsam davon trennen und daher als eine Portion von ihm auffassen kann. Auch die Insertion ist gemeinsam. Lediglich beim Hasen ist eine einwandfreie Trennung möglich. Hier unterstützt er die zweite Portion des M. deltoideus. Die Fasern entspringen vom vorderen Teil der Spina scapulae, weiter kaudal von einer oberflächlichen Fascie des M. infraspinatus und reichen bis zum kaudalen Angulus des unteren Scapularandes. Die Fasern konvergieren nach diesem Rand hin und bilden einen einfach gefiederten Muskelbauch, der den Haken des Acromions medial passiert — einige wenige Fasern setzen auch hier an — und inseriert zwischen dem Humerus und der zweiten Portion des M. deltoideus an der lateralen Seite des Humerusschaftes. Obgleich der Muskel nicht groß ist, scheint er mir doch eine Rolle zu spielen, denn an der Insertion ist ein kleines Tuberculum ausgebildet.

M. teres major entspringt in allen Fällen vom kaudal gerichteten Teil des ventralen Scapularandes. Insertion: Unterhalb des T. minus gemeinsam mit M. latissimus dorsi am Humerus, medial der Crista humeri.

Aus dieser Beschreibung scheinen sich keine Unterschiede zu ergeben. Daß sie aber tatsächlich doch vorhanden sind, zeigt die Volumentabelle. Das R.V. des M. teres major beträgt beim Hasen fast das 6fache von dem des Bibers. Das muß sich auf den Bau des Skelets auswirken. Da der untere Rand der Sapula beim Hasen konkav ist, können hier sehr viel mehr Fasern entspringen und, indem sie konvergieren, zur gleichen Insertionsstelle gelangen. Beim Biber, bei dem der Rand konvex ist, ist das in dem Maße nicht möglich; die Fasern nehmen hier nur einen kleinen Ursprungsraum ein und zwar am kaudalen Rand der Scapula, wo sich die Verdickung in die Fossa infraspinata hineinschiebt. Murmeltier und Eichhörnchen liegen mengenmäßig zwischen diesen beiden Extremen. Auch das spiegelt sich an der Scapula wieder. Bei M ist M. teres major stärker entwickelt, der Scapularand dementsprechend weniger stark konvex verlaufend als bei S.

M. subscapularis liegt auf der medialen Seite (Unterseite) der Scapula und nimmt die ganze Fläche, auf der die Fasern entspringen, ein. Der kompliziert gebaute Muskelbauch geht in eine sehr feste Sehne über, die

am Tuberculum minus inseriert. Bei M und in ähnlicher Weise, wenn auch nicht so stark ausgeprägt, bei S lassen sich verschiedene Portionen erkennen, von denen jeweils Sehnen von den bereits beschriebenen Lineae musculares kommen. Bei L und C hat der Muskel außer am Scapularand nur noch an dem Höcker auf der dorsalen Scapulahälfte eine besondere Verankerung.

Die Funktion dieser fünf Scapulamuskeln ist bei allen 4 Nagern gleich.

M. supraspinatus führt den Oberarm oralwärts.

M. infraspinatus führt den Oberarm oralwärts und dreht ihn auswärts.

M. subscapularis führt den Oberarm oralwärts und dreht ihn einwärts.

M. teres minor wie M. infraspinatus, nur das Auswärtsdrehen ist stärker betont.

M. teres major führt den Oberarm kaudalwärts und dreht ihn einwärts.

M. latissimus dorsi (Abb. 27—30, *ld*). Der Ursprung liegt an der Fascie lumbodorsalis und an den unteren Enden der letzten Rippen. Dieser M., der einen großen Teil der kaudalen Rippen bedeckt, ist in seinem Ursprung sehr flach und zart. Nach der Achselhöhle zu konvergieren die Fasern und machen den Muskel wesentlich fleischiger. Im Ursprung sind nur geringe Unterschiede festzustellen, aber um so mehr in der Insertion. Bei S ist die Insertion kompliziert durch die Aufspaltung des Muskels in drei Portionen. Die erste Portion schließt sich eng dem noch zu beschreibenden M. extensor parvus antibrachii an und inseriert somit am Olacranon. Die zweite Portion schließt sich dem Teres major distal an und inseriert mit ihm am Humerus. Die dritte Portion inseriert ebenfalls am Humerus, indem sie der zweiten medial aufliegt. Diese beiden Portionen schließen den M. brachialis zwischen sich ein. Bei M sind nur zwei Portionen entwickelt. Die größere geht in den Teres major über und inseriert somit am medialen Humerus. Die kleinere, mehr ventral gelegene Portion geht unter den Arm durch und inseriert gemeinsam mit der Pectoralis-Gruppe am Humurus. Bei *Castor* hat der Muskel nur eine Portion und inseriert an der medialen Seite, etwas proximal der Mitte des Humerusschaftes, wo ein kleiner Höcker ausgebildet ist. Beim Hasen ist ebenfalls nur eine Insertion vorhanden und zwar gemeinsam mit Teres major unmittelbar unter dem Tuberculum minus.

Durch die häufige Verbindung mit Teres major erkennt man schon die Hauptfunktion des M. latissimus dorsi: Er führt den Oberarm kaudalwärts und supiniert leicht.

M. deltoideus (Abb. 27—30, *delt*). Dieser Muskel besteht aus zwei grundsätzlich verschiedenen Teilen, die bei den verschiedenen Tieren dann in weitgehendem Maße Abänderungen erfahren können. Der eine

Teil kommt von der Clavicula, also mehr medial vom Schultergelenk, der andere Teil von der Scapula, also mehr lateral vom Gelenk. Bei S ist diese Grundform sehr klar ausgebildet. Die erste Portion entspringt an der Unterseite der lateralen Claviculahälfte; die Fasern konvergieren und inserieren an der Spina humeri. Die zweite Portion entspringt an der oralen Kante des Acromions und inseriert lateral von der vorigen. Beide Teile sind fest miteinander verwachsen. Bei M ist der M. deltoideus viel weiter differenziert; er besteht hier aus vier deutlichen Portionen. Die erste Portion entspringt vom lateralen $^2/_3$ der Clavicula und inseriert nicht in normaler Weise an der Spina humeri, sondern der Muskelbauch überquert in der ganzen Länge den Oberarm und inseriert zwischen den lateralen und medialen Unterarmmuskeln gemeinsam mit Mm. brachialis und gleno-ulnaris am Radius. Die zweite Portion liegt unter der ersten und hat die „Normallage". Sie entspringt von der ganzen Länge der Clavicula und inseriert an der Spina humeri, wo eine Tuberositas deltoideus ausgebildet ist. Die dritte Portion kommt von der oralen Seite des Acromions und inseriert auf der Spina humeri. Die vierte Portion entspringt von der lateralen Seite des Acromions und inseriert lateral der dritten Portion ebenfalls an der Spina humeri. Bei C ist es ähnlich wie bei M, nur daß die erste Portion fehlt. Beim Hasen sind drei Portionen ausgebildet. Die erste Portion, die von der rudimentären Clavicula kommt, ist funktionell nicht mehr als reine Deltoideus-Portion zu betrachten; ihre Fasern gehen unmittelbar in die des M. basiohumeralis über. Bei genauer Präparation läßt sich aber eine Art Inscriptio tendinea feststellen, aus der hervorgeht, daß es sich um zwei ursprünglich getrennte Muskeln handeln dürfte. Die Insertion liegt zu Beginn des zweiten Drittels des Humerusschaftes in Form einer dünnen Sehne. Die zweite Portion entspringt in der ganzen Länge von der oralen Seite des Acromions und vom Processus hamatus und inseriert auf der Spina humeri. Sie deckt sich demnach mit der zweiten Portion von S und der dritten Portion von M und C. Die dritte Portion entspringt medial (unter) vom M. infraspinatus, von der ventralen Seite des Scapulahalses und inseriert an der lateralen Seite des Humerus in Höhe der Spina humeri (die zweite und dritte Portion bezeichnet Krause (27) als Mm. abductor brachii superior et inferior, betrachtet sie aber auch als Abkömmlinge des Deltoideus).

Die Funktion des M. deltoideus ist ein orales und laterales Heben des Oberarmes; bei M jedoch liegt eine Spezialisierung vor, durch die erste Portion wird die Tätigkeit von den Mm. biceps und brachialis unterstützt, d. h. der Unterarm wird im Ellbogengelenk gebeugt.

M. coracobrachialis (Abb. 31—34, *co*). Der Muskel kommt bei allen Tieren vom Processus coracoideus, aber im weiteren Verlauf nimmt er verschiedene Formen an. Bei S teilt er sich in drei Bäuche auf; der erste Bauch geht gemeinsam mit M. biceps zum Unterarm, der zweite Bauch inseriert oberhalb des Epicondylus medialis, zum Teil auf der

Brücke des Canalis supercondyloideus. Dieses ist die einzige Portion, die Hoffmann und Weyenbergh (25) anführen. Der dritte Bauch ist sehr kurz und inseriert gleich am Humeruskopf. Bei M sind nur der zweite und der dritte Bauch, diese aber in gleicher Weise wie bei S, entwickelt. Bei C ist nur der zweite Bauch entwickelt, der auf dem Epicondylus medialis inseriert. Beim Hasen ist keine dieser langen Portionen vorhanden, sondern zwei kurze Bäuche inserieren oberhalb und unterhalb der Insertion des Teres major am Humerusschaft. Die Funktion wird wohl eine Unterstützung der Armheber sein. Bei Rotationen bringt er den Arm wieder in die Ruhelage zurück.

Die *Pectoralis-Gruppe* (Abb. 27, *pect*). Die Pectorales entspringen zum größten Teil vom Corpus sterni und von der Crista manubrii sterni und zum kleineren Teil von der Clavicula. Die Insertion liegt in allen Fällen im oberen Drittel des Humerus. Die Mm. sind Adduktoren und zeigen keine wesentlichen Unterschiede.

Die Schultermuskeln zeigen für die einzelnen Arten nur wenige stark ausgeprägte Merkmale. Die meisten Verschiedenheiten lassen zwar eine Beziehung auf eine besondere Bewegungsart zu. Aber ich stelle abschließend nur die eindeutigen Anpassungen heraus, da ich unsichere Spekulationen vermeiden will.

1. Eichhörnchen.

M. latissimus dorsi hat über M. extensor parvus mit dem Unterarm Verbindung und verstärkt dadurch die Strecker des Unterarms.

2. Murmeltier.

Eine Portion des M. deltoideus geht zum Unterarm und verstärkt dadurch die Beuger des Unterarms.

3. Biber.

Die Scapula-Muskulatur ist auffallend schwach entwickelt.

4. Hase.

Der M. teres major ist besonders stark entwickelt, wodurch die Armbewegung in der Sagittalebene betont wird.

Oberarmmuskulatur (Abb. 27—34).

Auf der Vorderseite des Humerus liegen zwei Muskeln, die den Unterarm beugen: M. biceps brachii und M. brachialis. Die Antagonisten dazu, also die Strecker des Unterarms, liegen auf der Hinterseite: M. tensor fasciae antibrachii und M. triceps brachii.

M. biceps brachii (Abb. 27—34, *bic*).

(Dieser M. heißt bei Krause M. gleno-ulnaris. Ich benenne ihn nach der Humananatomie, um so für homologe Muskeln gleiche Bezeichnungen

zu haben, wodurch ein Orientieren und Vergleichen wesentlich vereinfacht wird, wenn auch — wie in diesem Fall — der Sinn des Namens („biceps") nicht ganz mit der Funktion oder den anatomischen Befunden übereinstimmt.)

Dieser M. entspringt in allen Fällen nur mit *einem* Kopf lateral vom Processus coracoideus vom oberen Rand der Cavitas glenoidales. An

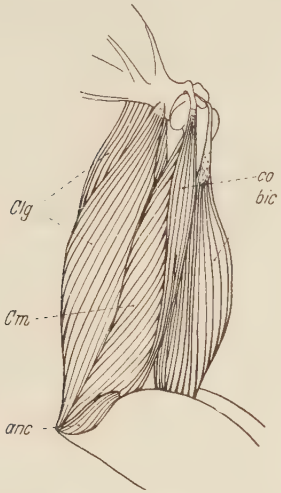

Abb. 31. Oberarmmuskeln (medial) vom Eichhörnchen. Abkürzungen wie Abb. 27, *C m* Caput mediale tricipitis, *anc* M. anconeus, *co* M. coacobrachialis.

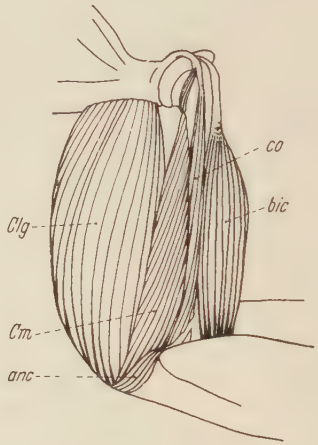

Abb. 32. Oberarmmuskeln (medial) vom Murmeltier. Abkürzungen wie Abb. 31.

dieser Stelle ist beim Hasen ein deutliches Tuberculum supraglenoidale ausgebildet. Die Ursprungssehne ist bei ihm sehr stark und plattrundlich und läuft über den Gelenkkopf durch den Sulcus intertuberculares. Anschließend geht sie in den Muskelbauch über. Bei S und M ist der M. im oberen Drittel des Humerus noch sehr schlank und wird dann plötzlich sehr stark. Die Schlankheit im oberen Teil wird durch den M. deltoideus bedingt, der ihn gewissermaßen abschnürt. Bei C nimmt er distal allmählich an Stärke zu, so daß er am stärksten an der Stelle entwickelt ist, wo er zwischen die Unterarmmuskulatur tritt. Beim Hasen ist er rein spindelförmig. Die Insertion ist bei den verglichenen Formen etwas verschieden, aber immer mit der Insertion des M. brachialis verschmolzen. Bei den drei Simplicidentata teilt sich die flache Insertionssehne in zwei Äste, von denen der distale am Radius und der proximale an der Ulna inseriert. Infolge der Verbindung mit dem Radius führt der M. nicht nur eine Beugung aus, sondern wirkt bei S und M, bei denen Radius und Ulna gegeneinander beweglich sind, leicht supinierend. Beim Hasen hat dies nicht die gleiche Wirkung, da die Unterarmknochen fest miteinander

verwachsen sind. Beim Biber wirkt der Biceps nicht als Supinator, weil er hier ausschließlich an der Ulna inseriert.

M. brachialis (Abb. 27—30, *br*). Bei diesem Muskel, der in der Regel, wie auch bei S, M und C an der lateralen Seite des Humerus unter dem Gelenkkopf und lateral der Spina humeri entspringt, hat beim Hasen eine Veränderung des Ursprungs stattgefunden. Die Ursprungsfasern entspringen von der Vorderseite des Humerus zu beiden Seiten der Spina humeri, wobei allerdings die laterale Seite noch die stärkere ist. Diese Umlagerung beim Hasen hängt damit zusammen, daß die Extremität sich fast ausschließlich im Sinn einer Sagittalebene bewegt. Bei den übrigen drei Nagern laufen die Fasern infolge des ausschließlich lateralen Ursprungs schräg und wirken dadurch in noch stärkerem Maße als der

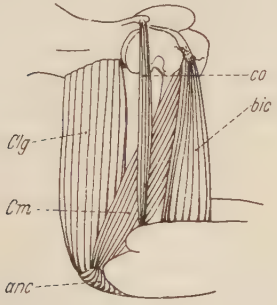

Abb. 33. Oberarmmuskeln (medial) vom Biber. Abkürzungen wie Abb. 31.

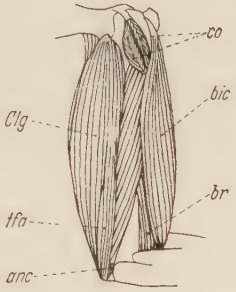

Abb. 34. Oberarmmuskeln (medial) vom Hasen. Abkürzungen wie Abb. 31.

Biceps supinierend. Die Insertion ist — wie schon erwähnt — in allen Fällen mit dem Biceps verschmolzen.

M. tensor fasciae antibrachii (Abb. 34, *tfa*). Ich habe diesen Namen, der der Funktion und der Lage dieses M.s noch am ehesten gerecht wird, von Ellenberger und Baum (16) übernommen. Es ist derselbe Muskel, der bei Krause (27) M. extensor antibrachii parvus genannt und bei Hoffmann und Weyenbergh (25) als vierter Kopf des Triceps brachii aufgefaßt wird. Beim Menschen fehlt dieser Muskel ganz, aber er wurde bei vielen Säugetieren festgestellt. Das Merkwürdige ist, daß er fast bei jeder Art einen anderen Ursprung hat. Ellenberger und Baum (16) beschreiben ihn bei Pferd, Schwein, Rind, Hund und Katze mit stets wechselndem Ursprung. Bei den untersuchten Nagern ist außer dem starken Ursprungswechsel auch der Grad der Entwicklung hinsichtlich des Volumens sehr verschieden. Der Muskel liegt im allgemeinen an der medialen Seite des Oberarms, hat seinen Ursprung vom ventralen Scapularand oder den angrenzenden Fascien oder Muskeln und inseriert am Olecranon.

Beim Biber nun ist dieser Muskel gar nicht festzustellen, ich glaube, daß er mit dem Bauchhautmuskel derart verwachsen ist, daß man ihn

nicht mehr davon trennen kann. Eine Verbindung mit diesem M. cutaneus maximus ist nicht so ungewöhnlich; Ellenberger und Baum[16] geben gleiche Verhältnisse von der Katze an. Beim Hasen ist der Muskel nur sehr schwach, hat aber hier eine ganz typische Entwicklung. Er liegt als eine flache Muskelzunge an der medialen Seite in der Armfascie und liegt somit dem Caput longum tricipitis auf. Da die Fascie an der Scapula verankert ist, ist seine Funktion für den Oberarm beugend, für den Unterarm streckend; die geringe Entwicklung aber macht ihn für die Bewegung unbedeutend. Das ist ganz anders bei den Sciuroiden; hier ist dieser Tensor zu einem kräftigen, bedeutsamen Muskel entwickelt, wodurch auch wohl Hoffmann und Weyenbergh (25) verleitet wurden, ihn als einen vierten Kopf des Triceps aufzufassen. Daß er aber dem Tensor des Hasen und auch dem der von Ellenberger und Baum (16) untersuchten Haussäugetiere entspricht, zeigt schon, daß er keinen knöchernen Ursprung hat, woraus ich schließen möchte, daß er erst in einem späteren stammesgeschichtlichen Stadium zu einer derartigen Stärke gekommen ist. Das R.V. zeigt bei S = 0,40, bei M = 0,68; beim Hasen dagegen nur 0,16. Der Ursprung liegt bei S und M zum kleineren Teil auf der Oberfläche des M. lat. dorsi, die Hauptportion kommt direkt vom Muskelbauch des Teres major, den er bei M fast in seiner ganzen Länge bedeckt. Die Insertion ist am Olecranon und zwar etwas medial verschoben. Ein Teil der Fasern geht auch in die Fascia antibrachii über. Der Muskelbauch ist breit und schollenförmig und bedeckt die mediale und kaudale Seite des Triceps vollständig. Dieser Muskel unterstützt in weitgehendem Maße die Funktion des Triceps und zeigt damit an, daß eine starke Beanspruchung des Armes bei S und M diese Entwicklung notwendig machte.

M. triceps brachii. Wie sein Name sagt, besteht dieser Muskel, der die ganze Rückseite des Humerus bedeckt, aus frei Köpfen, die in allen Fällen leicht voneinander zu trennen sind. Er zeigt in Ursprung und Ansatz eine große Konstanz; aber es sind Unterschiede im Volumen vorhanden. Das Caput longum (Abb. 27—30, *Clg*) entspringt von der vorderen Hälfte des ventralen Scapularandes und zum Teil vom Collum scapulae. Die Ursprungssehne ist bei M und C eine einfache breite Sehne, bei S und L ist am Collum scapulae ein Tuberculum ausgebildet, von dem eine besonders kräftige Sehne kommt, die aber nicht in dem Maße selbständig ist, daß man von einem zweiten Kopf sprechen könnte. Das Caput laterale (Abb. 27—34, *Clt*) hat seinen Ursprung an der lateralen und kaudalen Seite des Humerusschaftes, gleich unter dem Gelenkkopf und angrenzend an die Spina humeri. Durch die verschiedene Entwicklung der Spina humeri ist die Ursprungsfläche natürlich verschieden (bei C groß, bei L klein), aber prinzipiell sind keine Unterschiede vorhanden. Das Caput mediale (Abb. 27—30, *Cm*) entspringt von der ganzen distalen Rückseite des Humerus und bedeckt so auch die Rückseite des bei den drei Simplicidentata entwickelten knöchernen, blattförmigen Anwuchses der Crista

epicondyli. Die Insertion liegt bei allen drei Köpfen am Olecranon und zwar das Caput longum am weitesten kaudal, das Caput mediale davor, also zwischen Humerus und Caput longum; das Caput laterale liegt lateral dieser beiden Köpfe. Durch den Ursprung ist die Funktion der Köpfe verschieden. Da das Caput longum von der Scapula kommt, ist es sowohl Oberarmbeuger als auch Unterarmstrecker, während die anderen beiden Köpfe nur Unterarmstrecker sind. Vergleicht man nun die Summe der relativen Volumina des Caput mediale und C. laterale mit dem R.V. des Caput longum, so sieht man, daß das Volumen des Caput longum stets überwiegt; nur beim Murmeltier überwiegen die beiden vom Humerus entspringenden Köpfe. Das bedeutet, daß beim Murmeltier die Betätigung des Unterarms gegenüber der des Oberarms betont ist, ein Verhältnis, das wir bereits bei der Volummessung fanden.

Anschließend an diese Muskeln soll noch der kleine *M. anconeus* erwähnt werden. Er entspringt vom Epicondylus medialis humeri und läuft dann zur medialen Seite des Olecranons. Er ist also sehr kurz und spielt funktionell eine untergeordnete Rolle. Die Artunterschiede sind unwesentlich.

Die Untersuchung der Oberarmmuskeln ergibt für die betrachteten Arten:

1. Eichhörnchen.

Der M. tensor fasciae antibrachii ist stark entwickelt und steigert dadurch wesentlich die Leistungsfähigkeit der Armmuskulatur.

2. Murmeltier.

Der M. tensor fasciae antibrachii ist stark entwickelt und steigert die Leistungsfähigkeit der Armmuskulatur. Die Köpfe des M. triceps brachii, die vom Humerus entspringen, sind stärker entwickelt als der von der Scapula kommende Kopf, was eine Betonung der Unterarmtätigkeit bedeutet.

3. Biber.

Die Mm. biceps und brachialis inserieren ausschließlich an der Ulna. Ein M. tensor fasciae antibrachii ist nicht festzustellen.

4. Hase.

Beim Hasen bewirken der M. biceps und der M. brachialis trotz ihrer Insertion am Radius ein reines Beugen, da eine Supination durch das Verwachsen von Radius und Ulna nicht möglich ist. Dem geht die Verlagerung des M. brachialis nach der vorderen Seite parallel.

Unterarmmuskulatur (Abb. 35—38).

Bei der Bearbeitung des Unterarms wurden 19 verschiedene Muskeln gefunden. Aber nur das Murmeltier besitzt sie alle, den übrigen Formen

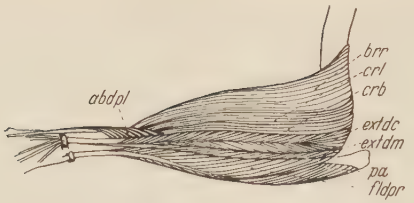

Abb. 35. Unterarmmuskeln (lateral) vom Eichhörnchen. *brr* M. brachioradialis, *crl* M. extensor carpi radialis longus, *crb* M. ext. c. rad. brevis, *abd pl* M. abductor pollicis longus, *ext dc* M. extensor digitorum communis, *ext dm* M. extensor digiti minimi, *pa* M. palmarisi, *fl dpr* M. flexor digitorum profundus.

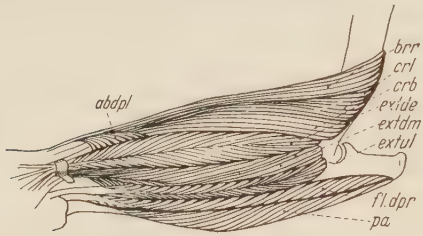

Abb. 36. Unterarmmuskeln (lateral) vom Murmeltier. Abkürzungen wie Abb. 35, *ext. ul* M. extensor carpi ulnaris.

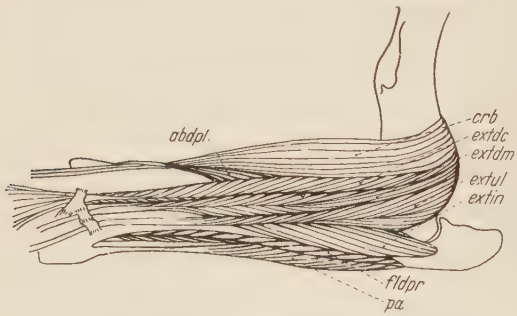

Abb. 37. Unterarmmuskeln (lateral) vom Biber. Abkürzungen wie Abb. 35/36, *ext in* M. extensor digiti indicis.

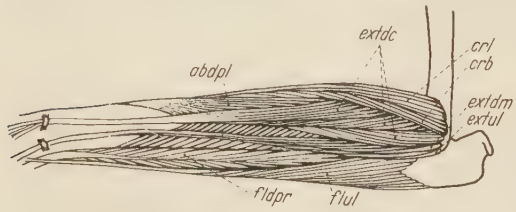

Abb. 38. Unterarmmuskeln (lateral) vom Hasen. Abkürzungen wie Abb. 35, 36, 37, *fl ul* M. flexor carpi ulnaris.

fehlen verschiedene, auf die bei der Beschreibung der Muskeln zurückzukommen ist. Hier soll nur noch kurz zum Vergleich die menschliche Unterarmmuskulatur herangezogen werden, um eine bessere Vorstellung von den Verhältnissen der hier untersuchten Nagerextremitäten zu erwecken. Auch der menschliche Arm hat für den gleichen Funktionskomplex 19 Muskeln; aber sie sind nicht allen Muskeln des Murmeltieres homolog. Durch die Reduktion oder das Fehlen des Daumens sind zwei Muskeln, die beim Menschen ausgebildet sind, nicht vorhanden: M. extensor pollicis longus und M. flexor pollicis longus. Dafür fehlen aber dem Menschen zwei Muskeln, die ausschließlich für den dritten bzw. für den vierten Finger vorhanden sind: M. extensor digiti tertii und M. extensor digiti quarti.

Die zuerst zu besprechenden Muskeln sind mehr oder weniger Strecker der Finger und des Handgelenkes und liegen an der lateralen Seite des Unterarms.

M. brachioradialis (Abbildung 30—36, *brr*). Dieser Muskel fehlt bei C und L. Bei M und S ist er einer der stärksten Unterarmmuskeln. Sein Ursprung liegt am obersten Teil der Crista epicondyli; er überquert dann den Radius,

geht bei M über die Sehnen der beiden Daumenmuskeln hinweg und inseriert am distalen Ende des Radius. Er ist reiner Unterarmbeuger in dorsoventraler Richtung; eine Drehung findet dabei nicht statt. Er wirkt aber sowohl bei Pronation als auch bei Supination als Antagonist, da er bei jeder Drehung mit um den Arm herumgenommen wird. Dieser Muskel, der beim Menschen, besonders beim Tragen von Gegenständen in waagerechter Haltung wesentliche Arbeit zu leisten hat, ist sicherlich bei den Sciuroiden-Verfahren eine Erwerbung, die schon während deren Lebensweise auf dem Boden entstanden ist, und zwar nach der Abspaltung der Castoriden vom hypothetischen gemeinsamen Nagerstamm. Das Eichhörnchen braucht ihn heute beim Springen zum Heranziehen des Körpers an den ergriffenen Ast, das Murmeltier beim Graben.

M. extensor carpi radialis longus (Abb. 35—38, *crl*). *M. extensor carpi radialis brevis* (Abb. 35—38, *crb*). Beide Muskeln entspringen bei S und M an den vorigen Muskel anschließend, an der Crista epicondyli. Da beim Hasen eine Crista fehlt, liegen die Ursprünge etwas tiefer, unmittelbar über dem Condylus lateralis. Die Mm. liegen flach aneinander und gehen bereits sehnig unter den Daumenmuskeln hindurch. An der Basis der Hand trennen sich die Sehnen. Die Sehne des M. extensor carpi radialis longus inseriert auf dem Metacarpus des Index, die Sehne des M. ext. carpi radialis brevis auf dem Metacarpus des dritten Fingers. Die Funktion ist reine Streckung, nur beim Eichhörnchen, bei dem die Ansätze etwas medial verschoben sind, wird gleichzeitig ein leichtes Spreizen der Finger erreicht.

M. abductor pollicis longus (Abb. 35—38, *abd pl*) entspringt vom Ligamentum interosseum, mit einigen Fasern auch von Radius und Ulna; sein Ursprung grenzt unmittelbar an die Insertion des M. supinator. Im unteren Drittel des Unterarms überquert er den Radius nach der medialen Seite hin und hat hier bei den einzelnen Tieren sehr verschiedenen Ansatz. Bei S geht die Sehne zur medialen Seite der ersten Phalanx des rudimentären Pollex, den der Muskel ein wenig zu abduzieren vermag. Ein zweiter Zweig dieser Sehne geht weiter in die Palma hinein und inseriert an der Knorpelplatte, die in dem medialen Proximalballen eingebettet ist, wodurch der Ballen aufgerichtet werden kann. Bei C, bei dem noch ein reduzierter Daumen entwickelt ist, und bei M geht die Sehne direkt zur Knorpelplatte des Proximalballens; bei beiden kann der Ballen etwas aufgerichtet werden und leistet so beim Graben den Erdmassen gegenüber aktiven Widerstand. Beim Hasen ist der Muskel sehr zart, so daß man den Eindruck hat, der Muskel sei reduziert. Auch hier geht er nicht zum Daumen, sondern zum Naviculare, das beim Hasen als Knochenzapfen aus der Palma herausragt. (Der Daumen hat nur noch die nebensächliche Funktion als Putzkralle.) Durch den Ansatz am Naviculare unterstützt der Muskel die Flexoren, die beim Sprung den Aufprall auf den Boden aufzufangen haben.

M. extensor pollicis brevis. Dieser Muskel ist nur bei M ausgebildet. Er entspringt unter dem vorigen vom Ligamentum interosseum und ist nur sehr schwach entwickelt. Die zarte Sehne nimmt zunächst den gleichen Weg wie der vorige, um dann an der rudimentären Grundphalanx des Pollex zu inserieren. Dieser Muskel scheint ein nahezu funktionsloses Überbleibsel zu sein; jedenfalls konnte ich irgendeine Funktion nicht erkennen.

M. extensor digitorum communis (Abb. 35—38, *ext dm*). Dieser Muskel ist in allen Fällen wohl entwickelt und entspringt vom unteren Teil der Crista epicondyli, bei L entsprechend dem Fehlen einer Crista etwas tiefer über dem Condylus lateralis. Der doppelt gefiederte Muskelbauch teilt sich distal in 4 Sehnen. Bei M sind alle 4 Sehnen gleich stark und gehen zur Nagelphalanx des 2.—5. Fingers. Bei S ist es ganz ähnlich, aber der Muskelbauch läßt sich in 4 Portionen aufspalten und dann zeigt sich, daß auf den 2. und 5. Finger stärkere Portionen fallen als auf den 3. und 4. Finger. Bei C sind im proximalen Teil zunächst nur 3 Sehnen vorhanden, die zum 3.—5. Finger, also zu denjenigen Fingern gehen, die in erster Linie beim Graben beteiligt sind. Von der Sehne des 3. Fingers spaltet sich eine kleine Portion ab, die zum 2. Finger geht. Beim Hasen sind ebenfalls 4 Sehnen vorhanden, die jedoch zum 1., 2., 3. und 5. Finger gehen. Die Sehne zum 1. Finger ist sehr zart und unbedeutend, die des 2. und 5. Fingers sind von mittlerer Stärke und halten sich ziemlich die Waage. Die Sehne des 3. Fingers ist um ein Mehrfaches kräftiger als die übrigen, entsprechend der Bedeutung des 3. Fingers beim Laufen. Er ist der längste und hat dementsprechend den stärksten Druck auszuhalten. Von seiner Sehne aus geht ein kräftiger Ast zum 4. Finger.

Die folgenden vier Muskeln schließen sich ulnarwärts an den M. extensor digitorum communis an. Sie entspringen alle, da sie sehr schlank sind, von einem kleinen Ursprungsfeld über dem Condylus lateralis.

M. extensor indicis (Abb. 37, *ext in*). Dieser Muskel fehlt dem Hasen, was wohl damit in Zusammenhang zu bringen ist, daß der Index nicht als Greiffinger benutzt wird und eine selbständige Bewegung für ihn unnötig wird. Bei den drei übrigen Nagern geht die Sehne zur Mittelphalanx des Index und wirkt als Strecker des Fingers.

M. extensor digiti tertii. Dieser Muskel fehlt beim Hasen und beim Biber. Bei M und S geht die Sehne zur Mittelphalanx des 3. Fingers; bei S geht außerdem von der Sehne eine aponeurotische Verbindung zum 4. und 5. Finger. Auch dieser Muskel wirkt als Fingerstrecker.

M. extensor digiti quarti. Dieser Muskel fehlt nur beim Biber. Sowohl bei M und S als auch bei L geht er in gleicher Weise wie die vorigen beiden Muskeln zur Phalanx des 4. Fingers. Bei I setzt die Sehne deutlich lateral an, dadurch wirkt der Muskel nicht nur streckend, sondern abduziert auch den Finger und ruft dadurch Spreizen der Hand hervor.

M. extensor digiti minimi (Abb. 35—38, *ext dm*). Dieser Muskel ist bei allen 4 Formen vorhanden. Er inseriert an der lateralen Seite der Nagelphalanx des 5. Fingers. Bei M geht eine sehr dünne Abspaltung zur lateralen Seite der 4. Nagelphalanx. Der Muskel wirkt überall spreizend.

M. extensor carpi ulnaris (Abb. 35—38, *ext ul*) zeigt sehr geringe Verschiedenheiten und ist bei allen Tieren vorhanden. Er entspringt von der unteren Kante des Condylus lateralis und liegt dadurch unterhalb der Achse des Ellenbogengelenks, wodurch er im Gegensatz zu allen bisher beschriebenen Unterarmmuskeln nicht beugend, sondern streckend im Ellenbogengelenk wirkt. Bei C entspringen einige wenige Fasern auch von der lateralen Seite des Olecranons. Der Muskelbauch läuft zwischen Ulna und Radius entlang und inseriert an der Basis ossis metacarpi digiti minimi, wo ein Processus styloideus ausgebildet ist.

M. palmaris (longus) (Abb. 35—37, *pa*). Der M palmaris fehlt dem Hasen völlig. Interessant ist, daß Krause (27) ihn beim Hauskaninchen beschreibt. Beim Wildkaninchen habe ich ihn ebenfalls gefunden. Es ist daher anzunehmen, daß er für die Grabtätigkeit von Bedeutung ist. Dementsprechend ist er beim Murmeltier auch gut entwickelt. Er entspringt vom Olecranon und läuft an der ulnaren Seite des Unterarms als oberflächlichster Muskel entlang und inseriert in der Palma, wo er Sehnenstrahlen nach beiden Proximalballen sendet, die durch ihn gehoben werden können. Bei C und S ist er ganz ähnlich, aber die Insertionssehne steht hier nur mit dem lateralen Proximalballen in Verbindung.

Mit den nun folgenden Muskeln kommen wir zur medialen Seite des Unterarms. Diese Muskeln sind alle mehr oder weniger Finger- und Handgelenkbeuger.

M. flexor carpi radialis. Der Muskel zeigt keinerlei Verschiedenheiten. Er entspringt am Epicondylus medialis, läuft am Radius entlang, geht dann durch die Palma und inseriert an der Basis des Metacarpale 2. Er wirkt im Ellenbogen streckend, im Handgelenk beugend.

M. flexor carpi ulnaris (Abb. 38, *fl ul*). Der Ursprung zeigt nur unwesentliche Unterschiede. Die Hauptportion entspringt in allen Fällen von der medialen und volaren Seite des Olecranons. Bei S kommt auch eine ziemlich starke Portion vom Epicondylus medialis; bei M und L ist diese 2. Portion nur klein. Der Muskel inseriert mit einer kräftigen Sehne am Erbsenbein. Bei M geht vom Erbsenbein aus die Sehne weiter zum lateralen Proximalballen und unterstützt hier den Palmaris.

M. flexor digitorum sublimis. Dieser und der folgende Muskel sind die Hauptbeuger der Hand. Der M. sublimis entspringt mit einer kleinen Ursprungsfläche vom Epicondylus medialis, bildet einen schlanken, aber kräftigen Muskelbauch und teilt sich im letzten Drittel in verschiedene Sehnen auf, die in die Palma hineingehen. Bei S und M sind es 4 Sehnen, die zum 2.—5. Finger gehen und an der Basis der Nagelphalanx inserieren.

Bei S spaltet sich etwa in der Mitte des Muskelbauches eine kleinere Portion ab, die sich mit einer flachen Sehne mit dem M. flexor digitorum profundus vereinigt. Bei C und L sind nur 3 Sehnen vorhanden, die beim 2., 3. und 4. Finger an der Nagelphalanx inserieren.

M. flexor digitorum profundus (Abb. 35—38, *fldpr*). Dieser Muskel ist der weitaus stärkste Unterarmmuskel. So einfach die Insertion dieses Muskels ist, so kompliziert ist der Bau des Muskels selber. Bei S und M bestehen zwei völlig getrennte Portionen. Die erste Portion entspringt vom Condylus medialis und teilt sich in zwei schlanke Bäuche. Die 2. Portion hat den gleichen Ursprung, ist breit und mächtig und liegt der volaren Seite von Radius und Ulna auf; unter der Handwurzel vereinigen sich die verschiedenen Bäuche mit der Abzweigung des M. flexor digitorum sublimis zu einer sehnigen Verdickung, die sich dann in 4 starke Sehnen aufspaltet. Die Sehnen laufen zur Nagelphalanx des 2. bis 5. Fingers. An der Volarseite der jeweiligen Mittelphalanx perforieren sie die Sehnen des Sublimis. Bei *Castor* hat der Muskel sogar 4 Köpfe: der erste Kopf entspringt vom Condylus medialis, der zweite Kopf anschließend an den vorigen, medial der Gelenkrolle, der dritte Kopf vom proximalen Ende der volaren Seite der Ulna und der vierte Kopf anschließend an den vorigen und zum Teil auch vom Radius. Unter dem Handgelenk vereinigen sich alle Köpfe, wie bei S und M und spalten dann in 5 Sehnen auf. Die Insertion ist wie bei S und M, nur daß der Daumen ebenfalls eine Sehne erhält. Bei *Lepus* sind drei Köpfe vorhanden; der erste oberflächlichste Kopf entspringt von der hinteren Kante des Epicondylus medialis mit einer sehr kräftigen Sehne, der zweite Kopf entspringt gemeinsam mit dem vorigen. Aber der spindelförmige Bauch dieser Portion ist selbständig und wird sehr bald sehnig. Der dritte Kopf entspringt kurzfaserig und einfach gefiedert von der volaren Seite der proximalen Hälfte der Ulna und des Radius. Nach der Vereinigung geht der Muskel in 5 Sehnen über.

M. supinator fehlt beim Hasen, ist aber bei den übrigen drei Arten gut entwickelt. Der Ursprung liegt am Epicondylus lateralis, die Insertion auf der proximalen Hälfte des Radius.

M. pronator teres. Ursprung: Epicondylus medialis. Insertion: Im 2. Drittel des Radius. Der Pronator ist beim Hasen reiner Beuger.

M. pronator quadratus. Beim Murmeltier fand ich einen kleinen zwischen Ulna und Radius quer verlaufenden Muskel, der durch seinen Faserverlauf stark pronierende Funktion hat. Lage und Funktion nach muß es sich um einen dem menschlichen Musculus pronator quadratus entsprechenden Muskel handeln.

Überblickt man die Ergebnisse, so läßt sich folgendes als charakteristisch im Sinne unserer Arbeit für die Unterarmmuskulatur der untersuchten Tiere herausstellen:

1. Eichhörnchen.

M. brachioradialis ist vorhanden. Der M. abductor pollicis longus und der M. palmaris stehen mit lateralen Proximalballen in Verbindung und vermögen ihn aktiv zu bewegen, was als Überbleibsel aus der früheren Lebensweise auf dem Boden aufzufassen ist, jetzt aber beim Schwielenklettern dem Eichhörnchen sehr zu statten kommt.

2. Murmeltier.

M. brachioradialis ist vorhanden. M. abductor pollicis longus, M. palmaris und M. flexor carpi radialis inserieren am lateralen Proximalballen, M. palmaris außerdem auch am medialen Proximalballen. Dadurch sind beide Ballen aktiv aufzurichten und bieten den beim Graben wegzuräumenden Erdmassen großen Widerstand. Ein M. pronator quadratus ist vorhanden und wirkt supinierend.

3. Biber.

M. brachioradialis fehlt. Der M. abductor pollicis longus und der M. palmaris stehen mit dem lateralen Proximalballen in Verbindung und lassen diesen beim Graben die Erde wirksamer angreifen. Nur der 3. bis 5. Finger, die im wesentlichen beim Graben beteiligt sind, haben eine Sehne des M. extensor digitorum communis.

4. Hase.

M. brachioradialis fehlt. Der M. abductor pollicis longus ist reduziert. Der 3. und 4. Finger, also die längsten Finger, erhalten die stärksten Sehnen des M. extensor digitorum communis. Ein M. extensor indicis fehlt, da für den 2. Finger keine Selbständigkeit notwendig ist. Palmaris und Supinator fehlen.

Hinterextremität.

Skelet.

Becken. Die nach vorn (oral) gerichtete Darmbeinschaufel bildet beim Hasen ein breites Blatt, das fast in der Sagittalebene liegt. Beim Eichhörnchen ist demgegenüber kaum ein Unterschied zu finden, nur ist das Os ilium nicht so breit. Beim Murmeltier und noch mehr beim Biber ist die Schaufel nicht flach, sondern hat einen dreieckigen Querschnitt; dadurch entstehen zwei nach außen liegende Teilflächen, Der vordere Rand ist zu einem Tuberculum ausgebildet, das sich hakenförmig nach der lateralen Seite neigt. Von der Hüftgelenkpfanne aus kaudal liegen die beiden anderen Teile des Hüftbeines, das Os ischium und das Os pubis, die das Foramen obturatorium umgehen. Das Os ischium ist kaudal zum Tuber ischium ausgebildet. Dieser Knochenhöcker ist Ursprungsstelle für viele kräftige Muskeln und ist innerhalb der untersuchten Formenreihe sehr verschieden. Bei S und M sind zwei runde Höcker vorhanden, bei

C ist nur eine Verdickung des Sitzbeines an dieser Stelle. Beim Hasen sind zwei rundliche Höcker nach medial und zwei Haken lateral ausgebildet. Der horizontal liegende Teil des Sitzbeines, der Ramus descendens, trägt an der medialen Seite beim Hasen einen kaudal gerichteten Dorn. Bei S und M befindet sich an der gleichen Stelle nur ein Höcker, bei C ist der Ramus glatt. Der nach ventral gerichtete Ast des Sitzbeines, der Ramus ascendens, bildet mit dem vorigen einen Winkel, der sehr charakteristisch für die einzelnen Arten ist. Bei S, M und C ist er fast rechtwinklig, beim Hasen spitzwinklig. Die Neigung der Symphysis pubis verhält sich ebenfalls bei den einzelnen Arten verschieden. Legt man durch die Symphysis und den Ramus descendens je eine Achse, so laufen die beiden beim Eichhörnchen parallel, beim Murmeltier und Biber liegt der Schnittpunkt vor dem Becken, beim Hasen hinter dem Becken. Die Länge des Beckens in Beziehung zu Rumpflänge gebracht, ergibt bei S = 31%, bei M = 30%, bei C = 40% und bei L = 33%. Beim Biber ist das Becken sehr lang. Wie wir aus der Besprechung der Proportionen ersahen, sind die Extremitätenabschnitte beim Biber kurz. Durch diesen Skeletbau können die Muskeln, die an den äußeren Enden des Beckens entspringen, den Oberschenkel in einem relativ großen Winkel angreifen und können somit — nach dem Hebelgesetz — mit relativ wenig Muskelmasse viel Arbeit leisten. Beim Hasen als Renner würde die Gestalt zu plump werden; er muß daher mehr Muskelmasse haben, um auch bei einem spitzeren Angreifen an den Oberschenkel viel Arbeit leisten zu können.

Femur (Abb. 39, 42). Der Gelenkkopf des Femurs ist am proximalen Ende etwas nach der Innenseite herausgerückt. Lateral neben ihm, in Verlängerung des Femurschaftes, liegt ein großer Muskelhöcker, der Trochanter major; unter dem Kopf, an der medialen Seite liegt ein zweiter, kleinerer Muskelhöcker, der Trochanter minor. Außerdem befindet sich noch ein dritter Höcker, der Trochanter tertius, etwas tiefer an der lateralen Seite des Schaftes. Die Lage dieser drei Höcker ist ein außerordentlich klares Kennzeichen sowohl für die einzelnen Arten als auch für ihre Fortbewegungsart. Bei S und M liegen die Höcker im oberen Drittel des Femurs, wobei der Trochanter tertius am tiefsten liegt. Beim Biber sind Trochanter tertius und minor weiter am Femurschaft heruntergewandert, so daß der T. tertius bereits in die distale Femurhälfte hineinragt. Der Schaft ist beim Biber durch die extrem starke Ausbildung der Höcker seitlich abgeflacht, sie sind daher durch erhöhte Kanten miteinander verbunden. Beim Hasen nun sind die Trochanter gewissermaßen nach oben zusammengerückt. Der Trochanter tertius liegt hier sogar höher als der Trochanter minor.

Die Trochanterstellung läßt sich auch zahlenmäßig erfassen. Messe ich den Abstand zwischen Trochanter tertius (dem „beweglichsten" Höcker) und Tr. major und beziehe ihn auf die Gesamtlänge des Femur,

so ergibt sich, daß der jeweilige Trochanterabstand bei S 25%, bei M 33%, bei C sogar 55% und bei L nur 20% ausmacht.

Tibia und Fibula. Die *Tibia* hat am proximalen Ende einen breiten Kopf, der die Gelenkflächen des Kniegelenks trägt. Der obere Teil des Schaftes ist im Querschnitt mehr oder weniger dreieckig. An der Vorderkante erhebt sich die Crista. Bei allen verglichenen Arten ist die laterale

Abb. 39. Femur vom Eichhörnchen.

Abb. 40. Femur vom Murmeltier.

Abb. 41. Femur vom Biber.

Abb. 42. Femur vom Hasen.

ma Trochanter major, *mi* Trochanter minor, *t* Trochanter tertius.

Seite konkav, bei M und in besonders starkem Maße bei C ist die Rückseite tief ausgekehlt. Im unteren Teil ist der Schaft rundlich; an dessen Vorderseite sind beim Hasen zwei Tuberculi ausgebildet, an welchen das Ligamentum cruris ansetzt. Die *Fibula* ist an den lateralen hinteren Ecken des Tibiakopfes mit der Tibia verwachsen. Sie bildet eine dünne Knochenleiste, deren distaler Abschnitt bei den einzelnen Arten sehr verschieden ist. Bei S und M ist die Fibula ein selbständiger Knochen geblieben, der erst kurz vor dem Fußgelenk oberflächlich mit der Tibia verwächst. Beim Biber beginnt die feste Verwachsung bereits im unteren Drittel, außerdem hat der Fibulakopf bei ihm einen lateral gelegenen, hakenförmigen Fortsatz, von dem aus eine feste Sehne zum distalen Teil der Fibula geht. Beim Hasen verschmilzt die Fibula bereits in der oberen Hälfte mit der Tibia derart, daß sie weiter nach unten nicht mehr zu erkennen ist. Lediglich der Teil der lateralen Gelenkfläche, welcher mit der gerade beim Hasen typischen Gelenkrolle des Calcaneus artikuliert, scheint ein Überbleibsel der unteren Fibulateile zu sein. Bei M artikuliert

die Fibula mit einem kleinen Knochenzapfen des Calcaneus, der eine zu starke Pronation im Fußgelenk verhindert. Der Talus, der beim Hasen neben den Calcaneus gerückt ist, liegt aber bei C ebenso wie bei S und M *auf* dem Calcaneus. Bei S und C berührt das Fibulaende den Calcaneus nicht, sondern begrenzt den Talus an der lateralen Seite und gibt dadurch dem Gelenk eine sichere Führung. Der Hasenfuß erhält durch die Verbindung der Tibia mit beiden Fußknochen eine außerordentliche Festigkeit und Sicherheit der Führung.

Beckenmuskulatur.

Die Muskeln, deren Hauptfaserteil auf dem Becken liegt, sind als „Beckenmuskeln" bezeichnet worden; ihre Insertion liegt an den drei Trochantern des Femur oder in deren unmittelbarer Nähe. Die Oberschenkelmuskeln liegen mit ihrem Hauptfaserteil längs des Femurs.

M. glutaeus maximus (Abb. 43—46, *glm*). Der Muskel besteht aus zwei Flügeln, so daß eine Herzform entsteht, die besonders stark beim Hasen ausgebildet ist. Beim Eichhörnchen hat er mehr die Form eines Kreissektors. Die Fasern entspringen an der Fascia lumbodorsalis. Der vordere, mehr seitlich gelegene Teil liegt auf der Darmbeinschaufel als oberflächlichster Muskel, der zweite Flügel ist mehr zum Kreuzbein hingewendet. Die Fasern beider Flügel konvergieren und inserieren mit einer flachen Sehne am Tr. tertius. Da der Tr. tertius bei C sehr weit unten am Femur liegt, reicht auch der Muskel weit am Oberschenkel herunter. Beim Hasen inseriert er entsprechend der Lage des Tr. tertius am proximalen Ende des Femurs und ist relativ kurz.

M. glutaeus medius (Abb. 46—50, *glme*). Ursprung: Am äußeren Rand der Darmbeinschaufel, einige mediale Fasern auch an den Rückenfascien. Ansatz: Trochanter major. Der Muskel ist in allen Fällen stark entwickelt und zeigt nur Veränderungen, die durch die Form des Beckens bedingt sind.

M. glutaeus minimus. Die Fasern entspringen von größten Teil der Darmbeinschaufel. Insertion: Trochanter major. Geringe Unterschiede.

M. pyriformis entspringt am Kreuzbein und schließt sich dem vorigen an, um mit ihm am Tr. major zu inserieren. Er ist meist sehr fest mit den Glutaei verwachsen, beim Biber ist er nur noch an der Insertion zu erkennen. Keine wesentlichen Unterschiede.

M. tensor fasciae latae (Abb. 43, 44, 46, *tfl*). Dieser Muskel liegt zwischen dem Glutaeus max. und dem Sartorius. Die Fasern kommen vom vorderen Rand des Darmbeines und gehen dann fächerförmig auseinander, um sehr bald in die Fascia lata überzugehen. Fehlt beim Biber! Sonst keine Unterschiede.

M. obturator et Mm. gemelli. Die Fasern des Obturators entspringen vom inneren Umfang des Foramen obturatorium, das er von der Innenseite her schließt. Die Fasern konvergieren sehr schnell und wenden sich

nach oben, dorsalwärts, wo sie den Ramus descendens des Ischium hinter dem Höcker überqueren und nun zur Fossa trochanterica, einer Grube hinter dem Trochanter major, laufen. Der Höcker hält den Muskel, dessen Fasern zunächst kaudal, nach Passieren des Höckers aber cranialwärts verlaufen, in seiner Lage fest. Dieser Muskel wirkt als Antagonist zum M. glutaeus maximus, er streckt den Oberschenkel und dreht gleichzeitig das Bein ein wenig auswärts. Vor und hinter dem Obturator entspringen vom Ramus descendens ischii je ein kleiner Muskel, welcher ebenfalls in der Fossa trochanterica inseriert. Nach Braus (12) sind diese Muskeln, wie aus der Embryonalentwicklung des Menschen zu ersehen ist, als abgespaltene, tiefer gelegene Portionen des Obturator aufzufassen. Diese drei Muskeln unterscheiden sich bei S, M und L nicht bemerkenswert.

Beim Biber haben wir bereits gesehen, daß der Ramus descendens des Ischium keinen Höcker trägt, der Muskelbefund zeigt, daß zwar ein innerer „Verschließer" des Beckenloches vorhanden ist, daß dessen Fasern aber einen ganz eigenartigen Weg einschlagen. Sie laufen direkt zur Schwanzwirbelsäule, wo sie in die Schwanzmuskulatur übergehen. Es ist kaum anzunehmen, daß es sich hier um einen „echten Obturator" handelt. Wahrscheinlich ist der Obturator gänzlich reduziert worden, und ein Schwanzmuskelteil (vielleicht eine Portion der Mm. sacrococcygei ventrales) hat die frei gewordene und die für eine Bewegung des Schwanzes sehr wirksame Ursprungsstelle eingenommen. Diese Vermutung wird bestärkt durch die Anwesenheit zweier kleiner Muskeln, die der Lage nach als Mm. gemelli zu deuten sind. Hätte die Insertion des Obturator beim Biber eine Verlagerung erfahren, so hätten wohl die Gemelli mitgehen müssen.

M. obturator externus. Der äußere Verstopfer des Foramen obturatorium zeigt große Konstanz. Seine Ursprungsfasern entspringen vom äußeren (lateralen) Umfang des Beckenloches, konvergieren sehr schnell und inserieren ebenfalls in der Fossa trochanterica. Die Unterschiede sind unwesentlich.

M. quadratus femoris stellt ein kleines Muskelband dar, daß vom hinteren Teil des Beckens, anschließend an den kaudalen M. gemellius entspringt und zwischen den beiden lateralen Trochantern am Femurschaft inseriert. Seine Größe ist dann dem Abstand von Trochanter major und Trochanter tertius entsprechend verschieden. Somit hat der Biber einen breiteren Quadratus als der Hase.

Dieser und auch der vorige Muskel unterstützen die Funktion des M. obturator internus und sind demgemäß Antagonsiten der Mm. glutaei.

Hier müssen noch zwei Muskeln Erwähnung finden, die durch ihre Insertion am Trochanter minor an der Bewegung des Oberschenkels beteiligt sind: *M. psoas* und *M. iliacus.* Sie liegen beide unter der Wirbelsäule als kräftige Muskeln; besonders der M. psoas ist sehr stark. Sie

wirken für den Oberschenkel als Beuger und Auswärtsdreher. Die Unterschiede sind unwesentlich.

Für die einzelnen Arten lassen sich bezüglich der Beckenmuskulatur nur sehr wenige charakteristische Besonderheiten herausstellen. Sie beschränken sich auf Biber und Hase.

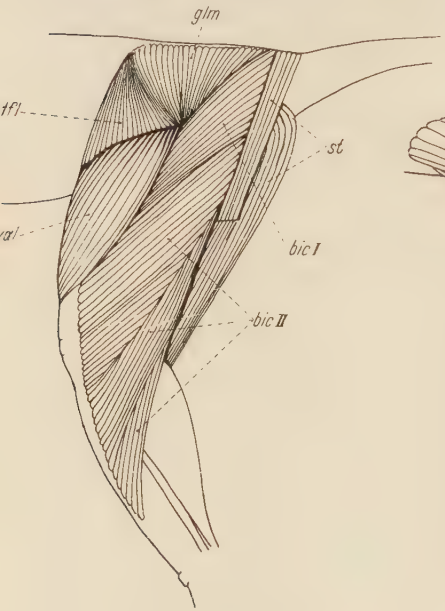

Abb. 43. Oberschenkelmuskeln vom Eichhörnchen (oberflächliche Schicht, lateral). *glm* M. glutaeus maximus, *tfl* M. tensor fasciae latae, *val* M. vastus lateralis, *st* M. semitendinosus *bic I* M. biceps femoris I, *bic II* M. bic. fem. II.

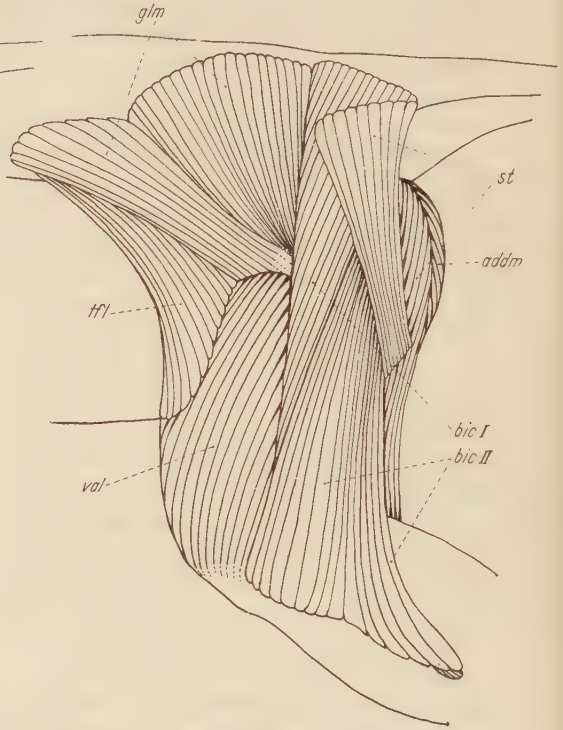

Abb. 44. Oberschenkelmuskeln vom Murmeltier (oberflächliche Schicht, lateral). Abkürzungen wie Abb. 43. *addm* M. adductor magnus.

Biber.

Der M. glutaeus max. reicht bis zur Mitte des Femur herunter und ist wesentlich an der Oberschenkelbewegung als Beuger und Einwärtsdreher beteiligt. Ein M. obturator internus fehlt; am Foramen obturatorium entspringt eine aberante Schwanzmuskelportion, wodurch die Beweglichkeit (Beugung) des Schwanzes Verstärkung erfährt.

Hase.

Die Beckenmuskulatur ist kurz und schwach entwickelt.

Oberschenkelmuskulatur.

Diese Muskeln lassen sich nach der Funktion grob in Strecker des Kniegelenks, Strecker des Hüftgelenks und Adduktoren einteilen. Die

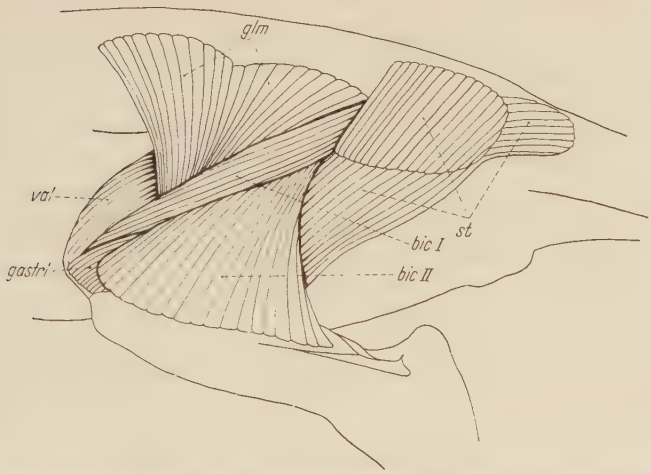

Abb. 45. Oberschenkelmuskeln vom Biber (oberflächliche Schicht, lateral). Abkürzungen wie Abb. 43/44. *gastrl* M. gastrocnemius lateralis.

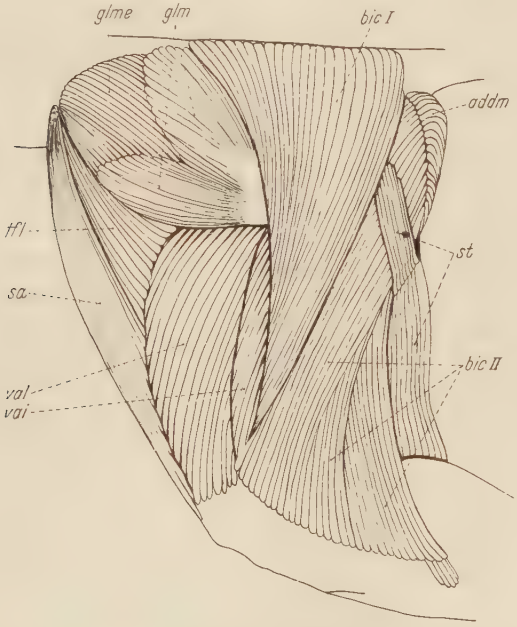

Abb. 46. Oberschenkelmuskeln vom Hasen (oberflächliche Schicht, lateral) Abkürzungen wie Abb. 43, 44, 45. *sa* M. sartorius, *glme* M. glutaeus medialis, *vai* M. vastus intermedius.

Strecker des Kniegelenks sind zum Teil Beuger des Hüftgelenks, die Strecker des Hüftgelenks Beuger des Kniegelenks.

Die Strecker des Kniegelenks.

M. sartorius (Abb. 46, 51, 52, 54, *sa*) verdient seinen Namen („Schneidermuskel") bei den Nagern nicht; er ist hier reiner Strecker des Kniegelenks. Er entspringt vom vorderen Rand des Darmbeines und läuft auf der vorderen Kante des Oberschenkels als oberflächlichster Muskel entlang, um an der Patella gemeinsam mit dem M. quadriceps femoris zu inserieren. Beim Biber fehlt dieser Muskel ganz. Wahrscheinlich ist er in die Hautmuskulatur, die den Oberschenkel eng umspannt, übergegangen. Bei S und M ist er ein dünnes Band, das eng mit dem lateral angrenzenden M. tensor fasc. lat. verwachsen ist. Beim Hasen dagegen ist er sehr stark entwickelt und unterstützt sehr wesentlich die Streckerfunktion des Quadriceps. Krause (27) ließ sich dadurch sicherlich verleiten, ihn beim Kaninchen als einen oberflächlichen Kopf des Rectus femoris aufzufassen. Dieser Muskel zeigt aber bei allen Säugetieren eine derartige Konstanz in Form, Ursprung und Ansatz, daß kein Grund vorliegt, hier eine solch tiefgreifende Besonderheit anzunehmen.

M. quadriceps femoris. Dieser vierköpfige Oberschenkelmuskel ist der Hauptstrecker des Kniegelenkes und hat dementsprechend eine starke Entwicklung erfahren.

1. Kopf. M. rectus femoris (Abb. 49, 51—54, *rf*). Der Ursprung liegt kurz vor der Hüftgelenkpfanne am Darmbein, wodurch der Muskel auch zum Beuger des Hüftgelenks wird. Die Ursprungssehne ist sehr fest und dick und hat als Anheftungsgebiet einen Höcker, der beim Hasen weiter vorn liegt als beim Biber. Der Muskel inseriert mit einer festen Sehne an der Patella. Er liegt dem Femur in seiner ganzen Länge auf. Die Fasern des doppelt gefiederten Bauches sind kurz und fest und deuten damit auf eine kraftvolle Tätigkeit hin.

2. Kopf. M. vastus medialis (Abb. 51—54, *vam*). An der Innenseite des Oberschenkels schließt sich an den vorigen der Vastus medialis an. Er entspringt von den oberen zwei Dritteln der medialen Seite des Femurschaftes; die obersten Fasern entspringen vom Hals des Gelenkkopfes. Er ist einfach gefiedert und geht zum Teil an die Patella, zum Teil in die Kniefascie über. Beim Hasen geht der größere Teil zur Patella, bei den anderen drei Arten zur Kniefascie.

3. Kopf. M. vastus lateralis (Abb. 43—50, *val*). Dieser Muskel liegt dem Rectus femoris von der Außenseite des Oberschenkels als breite Scholle auf. Er zeigt, besonders beim Hasen, eine starke Entwicklung und tritt deutlich als Wulst aus der übrigen Muskulatur hervor. Die Fasern entspringen von der lateralen Seite des oberen Femur und konvergieren in Richtung auf die Patella, wo sie seitlich vom Rectus femoris mit einer festen Sehne inserieren.

4. Kopf. M. vastus intermedius. Dieser Kopf grenzt seitlich an dem vorigen Muskel an und schiebt sich seitlich unter ihn, zum Teil auch unter den Rectus femoris. Die Fasern entspringen von der lateralen Seite des

Femur, aber mehr vom distalen Ende als die vorigen Köpfe. Bei S, M und C ist er fest mit dem Vastus lateralis verwachsen, so daß nur eine willkürliche Trennung möglich ist. Nur beim Hasen bleibt er eine selbständige Portion.

In der Nähe der Kniescheibe liegen auf dem Femurschaft zwei Muskeln, die Mm. crurales, die so klein sind, daß man sie leicht übersieht; sie mögen zur Festigung des Kniegelenkes beitragen. Nur beim Hasen kann man von regelrechten Muskelbäuchen reden, die gemeinsam mit den vier Quadricepsköpfen zur Patella gehen und somit an der Streckung teilnehmen.

Die Strecker des Hüftgelenks (Beuger des Kniegelenks).

M. biceps femoris. Dieser Muskel besteht aus zwei deutlichen Portionen, die den größten Teil der kaudalen Außenseite des Oberschenkels einnehmen.

1. Portion (Abb. 43—46, *bic I*) entspringt flach in der Rückenfascie, anschließend an die Glutaeusgruppe, geht aber sehr bald in einen runden, spindelförmigen Muskelbauch über, der mit einer dünnen, aber sehr festen Sehne zur Kniefascie und zur Patella geht. Durch diese Insertion ist der Muskel ein reiner Strecker des Beckengelenks.

2. Portion (Abb. 42—46, *bic II*) entspringt zum geringen Teil anschließend an den vorigen von der Rückenfascie, mit dem Hauptteil vom Tuber ischii. Sie ist am Ursprung fleischig und dick und wird distal breit und flach, um dann in die Fascia cruris, den Wadenmuskeln aufliegend, überzugehen. Da die Unterschenkelfascie an der Crista tibia verankert ist, wirkt diese Portion stark beugend auf das Kniegelenk.

Dieser Muskel zeigt starke Unterschiede hinsichtlich der mengenmäßigen Verteilung bei den einzelnen untersuchten Tieren. Als Extreme stehen sich Hase und Murmeltier gegenüber. Beim Hasen ist die 1. Portion um fast das Doppelte stärker als die 2. Der Gesamtmuskel wirkt sich also in erster Linie für die Oberschenkelbewegung aus. Beim Murmeltier ist es umgekehrt, die 2. Portion ist um mehr als das Doppelte stärker als die 1. Portion. Hier ist also der Biceps in der Hauptsache Unterschenkelbeuger. Bei S und C ist jeweils die 2. Portion um weniges stärker als die 1., was ich als normal bezeichnen möchte.

Die Reichweite der distalen Fasern der 2. Portion ist sehr verschieden. Beim Hasen gehen sie etwa bis zum Beginn des zweiten Drittel der Tibia, beim Eichhörnchen bis zur Hälfte, beim Murmeltier gehen sie noch etwas tiefer und beim Biber reichen sie bis zur Achillessehne, und da diese hier sehr kurz ist, bis zum Calcaneus herunter. Der Biceps tritt beim Biber also direkt in Funktionsgemeinschaft mit den Fußgelenkstreckern.

M. semitendinosus (Abb. 43—46, 52—54). Dieser Muskel entspringt bei allen 4 Arten vom Tuber ischium, überquert gradlinig die Rückseite des Oberschenkels und inseriert an der medialen Seite der Tibia, wo die

Insertionssehne an der Crista tibiae breit ansetzt. Ein zweiter, oberflächlicher Kopf, der auf dem Ursprungsteil der 2. Portion des M. biceps femoris liegt, entspringt an der Dorsalfascie und verbindet sich mit der Hauptportion, wo diese aus den übrigen Muskeln heraus an die Oberfläche tritt, in Form einer Inscriptio tendinae.

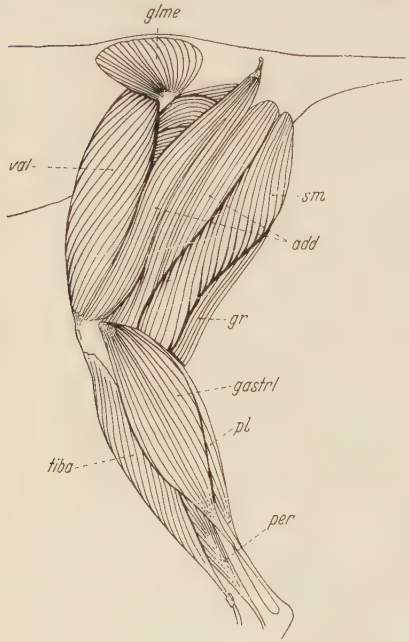

Abb. 47.

Abb. 48.

Abb. 47. Ober- und Unterschenkelmuskeln vom Eichhörnchen (lateral). *sm* M. semimembranosus, *gr* M. gracilis, *add* Adduktoren, *pl* M. plantaris, *per* Mm. peronei, *tiba* M. tibialis anterior.

Abb. 48. Ober- und Unterschenkelmuskeln vom Murmeltier (lateral). Abkürzungen wie Abb. 47. *rf* M. rectus femoris, *gastrm* M. gastrocnemius medialis, *extdc* M. extensor digitorum communis.

Die Grundform ist bei allen hier untersuchten Tieren beibehalten worden, aber im einzelnen zeigen sie sehr charakteristische Unterschiede. Der oberflächliche Teil ist beim Hasen eine zarte, flache Zunge, die als ein Anhängsel wirkt und kaum eine große funktionelle Bedeutung haben dürfte. Beim Eichhörnchen geht ein schmales, aber kräftiges Band in gerader Linie über den Ursprung des Biceps femoris II hinweg zum Rücken, dieses Band führt den Hauptmuskel etwas nach der Außenseite hin und macht dadurch den Oberschenkel schlanker. Beim Murmeltier scheint die zum Rücken hin verbreiterte Zunge mehr die Rolle einer Fascie zu

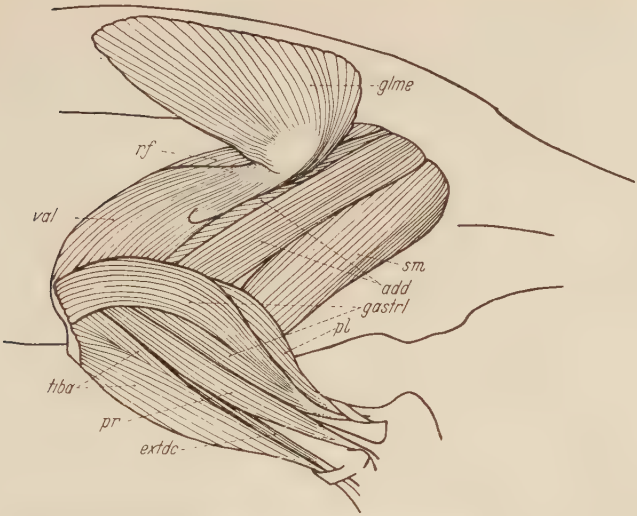

Abb. 49. Ober- und Unterschenkelmuskeln vom Biber (lateral). Abkürzungen wie Abb. 48.

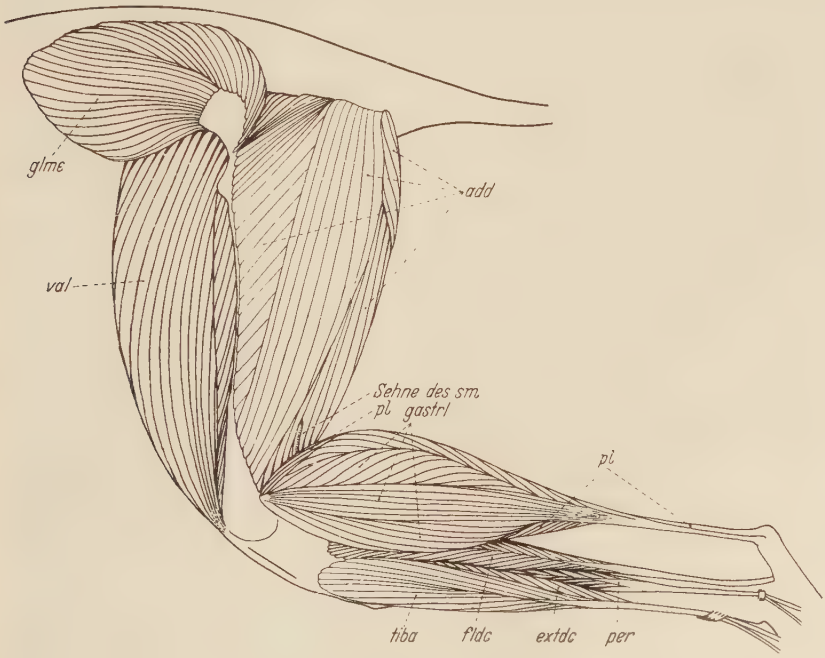

Abb. 50. Ober- und Unterschenkelmuskeln vom Hasen (lateral). Abkürzungen wie Abb. 48.

spielen, die den Muskel führt und ihn an der übrigen Oberschenkelmuskulatur festhält. Beim Biber ist der Semitendinosus zum wichtigsten

Unterschenkelbeuger geworden. Der Hauptteil hat über das Sitzbein hinaus eine Verlängerung, die von den Basalteilen des Schwanzes kommt und hier aus den Dorsalfascien ihren Ursprung nimmt. Auf diesem Hauptteil liegt dann stark verbreitert zu einer kräftigen Scholle die oberflächliche Portion. Hier spielt sie auch eine bedeutende funktionelle Rolle. Sie vermag durch die relative Kürze der Fasern eine relativ große Kraft zu entfalten und kann so den Hauptteil gewissermaßen hochziehen, wodurch eine weitere „Verkürzung" des Muskels über die Kontraktion hinaus möglich wird. Dadurch wird gleichzeitig ein großer Weg und ein kraftvolles Beugen des Unterschenkels erreicht. Erhöht wird diese Wirkung noch durch den tiefen Ansatz des Muskels an die Tibia (Hebelgesetz!). Beim Eichhörnchen und besonders beim Hasen liegt die Insertion sehr hoch, um aber trotzdem eine kraftvolle Wirkung zu erzielen, ist der Muskel entsprechend stark entwickelt.

M. semimembranosus (Abb. 47—51, *sm*). Dieser Muskel ist außerordentlich konstant. Er zeigt bei allen Tieren den gleichen Ursprung von der äußersten Kante des Tuber ischii und inseriert bei allen an der medialen Seite des Tibiakopfes, wo ein Höcker ausgebildet ist (Condylus medialis tibiae). Der Muskelbauch selbst wird durch die angrenzenden Muskeln verschieden geformt, aber in seiner Richtung läßt er sich nicht stören. Das geht sogar so weit, daß er beim Hasen, bei dem der M. adductor magnus sehr massig ist und weit am Femur herunterreicht, diesen Muskel durchbohrt, um so zu seiner Insertion zu gelangen. Er liegt völlig eingehüllt im Adduktor und gleitet in ihm wie in einem Rohr. Kurz vor der Insertion tritt die Sehne aus dem Adduktor heraus wieder an die Oberfläche. Beim Biber, bei dem sich die Wadenmuskulatur sehr hoch wölbt, stößt der Semimembranosus, da das Kniegelenk nie gestreckt wird, auf den Gastrocnemius medialis. Hier wird aber nicht der „im Wege liegende" Muskel einfach durchbohrt. Für den Gastrocnemius medialis, der ein sehr funktionstüchtiger Muskel ist und dessen Fasern zudem noch senkrecht zum Semimembranosus verlaufen, würde eine Durchbohrung zu störend wirken. Daher inseriert der Semimembranosus mit dem größten Teil seiner Fasern direkt auf dem Gastrocnemius medialis. Ein kleiner Teil geht in die Kniefascie über.

[Krause (27) hat Semitendinosus und Semimembranosus verwechselt.]

M. gracilis (Abb. 47, 51—54, *gr*). Dieser Muskel liegt flach und blattförmig an der Innenseite des Oberschenkels. Er entspringt flachsehnig von der Symphyse. In allen Fällen besteht er aus zwei Teilen, wodurch Krauses Irrtum verständlich wird, eine Portion des Gracilis als Sartorius zu betrachten; denn er beschreibt den am weitesten nach vorn gelegenen Teil als Sartorius. Der hintere Teil wird zum hinteren Rand des Oberschenkels hin fleischiger und dicker. Die vordere Portion ist nur sehr zart und bandförmig. Beim Murmeltier und ganz besonders beim Eichhörnchen ist sie so dünn, daß die darunterliegenden Muskeln durch-

scheinen. Sie ist daher leicht zu übersehen, was auch wohl die Angabe Parsons (35) erklärt, die besagt, daß der Gracilis bei den Sciuromorphen nur eine Portion habe. Dieser Muskel inseriert anschließend an den Ansatz des Semimembranosus am oberen Teil der Tibia. Dadurch wirkt er hauptsächlich als Unterschenkelbeuger, aber auch als Einwärtsdreher. Die letztere Funktion kommt wenig in Frage, da der Biceps femoris auf der Außenseite als Außendreher diese Tätigkeit beim normalen Beugen aufhebt.

Hier soll anschließend eine Einrichtung beim Hasen beschrieben werden, die mir als eine außerordentlich kennzeichnende Anpassung an das Laufspringen erscheint (Abb. 54).

Die Insertion von Mm. vastus medialis, gracilis und semitendinosus liegen in der großen, das Kniegelenk umspannenden Fascie, die sich von der Patella bis zum zweiten Drittel der Tibia hinabzieht. Die Fasern dieser drei Muskeln und der dazugehörigen Fascien laufen im allgemeinen in Richtung zum Kniegelenk. In dieser Richtung wirken auch die Muskeln. In die Fascie an der Hinterseite des M. gracilis und des M. semitendinosus, die wie zwei Blätter übereinander liegen sind Verstärkungen, die wie Sehnenbänder aussehen, eingelagert. Beide laufen bis zur Crista tibiae. Senkrecht zu diesen ist eine andere sehnige Verstärkung eingelagert, die mit den horizontal verlaufenden an der jeweilen Kreuzung „verwoben" sind. Beim Austritt aus ihren Fascien verschmelzen sie miteinander und bilden jetzt eine einzelne freie Sehne, welche distalwärts über die Wadenmuskulatur läuft, um am Beginn der Achillessehne mit dieser zu verschmelzen.

Die Wirkung dieser Einrichtung, die ich als „Schwibbapparat" bezeichnen möchte, ist am leichtesten zu verstehen, wenn man sie mit „Pfeil-und-Bogen" vergleicht. Die „Sehne" des Bogens wird von den beiden eingelagerten Verstärkungen dargestellt, den Bogen selbst bildet das Becken mit dem Oberschenkel und dem obersten Stück der Tibia. Seine Kraft gibt die Muskulatur. Der Pfeil ist die senkrecht verlaufende Sehne. Wird der Fuß gebeugt, so werden die Achillessehne, damit auch die „Pfeilsehne" und weiterhin auch die beiden „Bogensehnen" heruntergezogen. Umgekehrt wird der Fuß gestreckt, wenn sich die Mm. gracilis und semitendinosus zusammenziehen. Dasselbe geschieht auch, wenn die Tibia bei Streckung im Kniegelenk nach vorn gebracht wird und dadurch die Bogensehnen gespannt werden.

Welche Bedeutung kommt dieser auffallenden Einrichtung für das Laufspringen beim Hasen zu? Während im allgemeinen Beugen und Strecken beim Laufen miteinander abwechseln, wirken hier die Beuger Gracilis und Semitendinosus gleichzeitig durch diese Sehnenverbindung streckend, arbeiten also ihrer eigentlichen Funktion entgegen. Dadurch wird bei der Beugung im Fußgelenk eine Spannung hervorgerufen, die sich als Federung bei den weiten Sprüngen des Hasen auswirkt. Außerdem

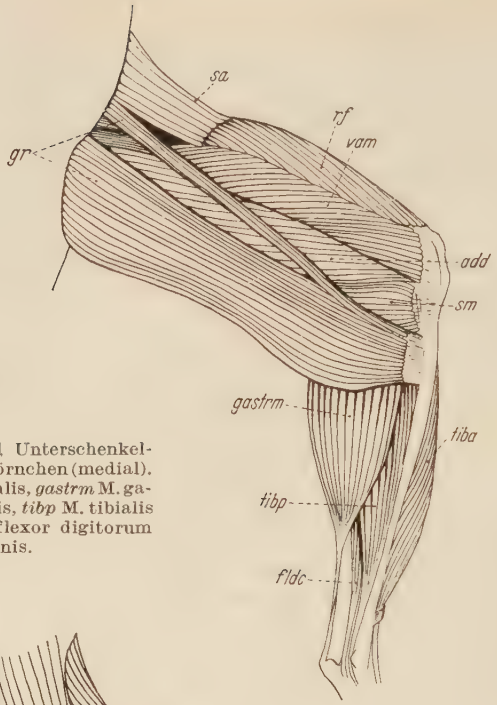

Abb. 51. Ober- und Unterschenkelmuskeln vom Eichhörnchen (medial). *vam* M. vastus medialis, *gastrm* M. gastrocnemius medialis, *tibp* M. tibialis posterior, *fldc* M. flexor digitorum communis.

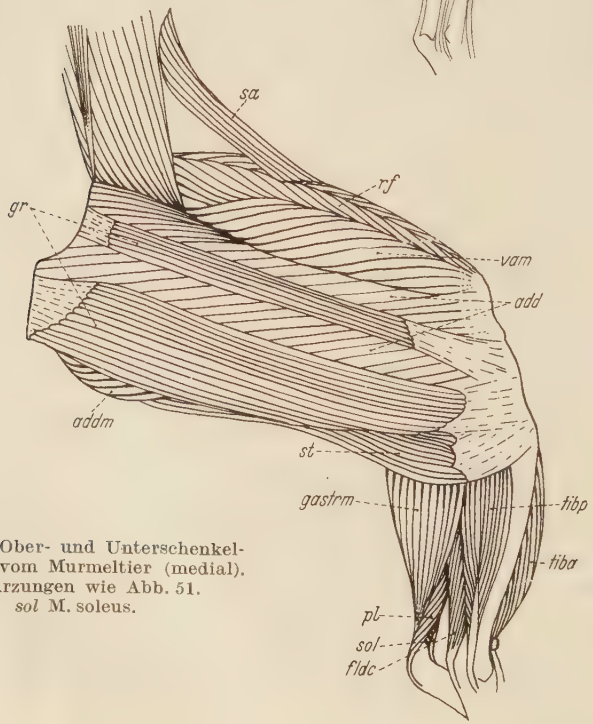

Abb. 52. Ober- und Unterschenkelmuskeln vom Murmeltier (medial). Abkürzungen wie Abb. 51. *sol* M. soleus.

wirken die Beuger des Unterschenkels bei der Streckung, also beim Abschnellen vom Boden, gleichzeitig und rein mechanisch als Fußstrecker. Beim Beugen aber, also beim Landen des Körpers auf dem Boden, wird der Fuß in der Beugung gehemmt, wodurch der Aufprall gespannt und federnd wird. Das erneute Abschnellen vom Boden wird dadurch sofort wieder eingeleitet. Gleichzeitig wird aber auch durch die Federwirkung die Kraft des Aufpralls für den nächsten Sprung ausgenutzt.

Adduktorengruppe (Abb. 44, 46—53). Die Adduktoren und der M. pectineus haben ihren Ursprung vom Becken. Die eigentlichen Adduktoren

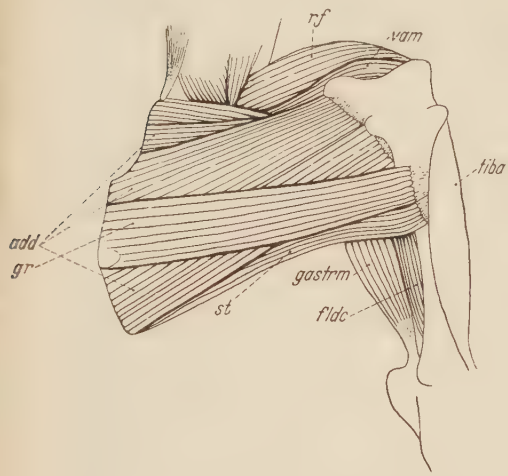

Abb. 53. Ober- und Unterschenkelmuskeln vom Biber (medial). Abkürzungen wie Abb. 51.

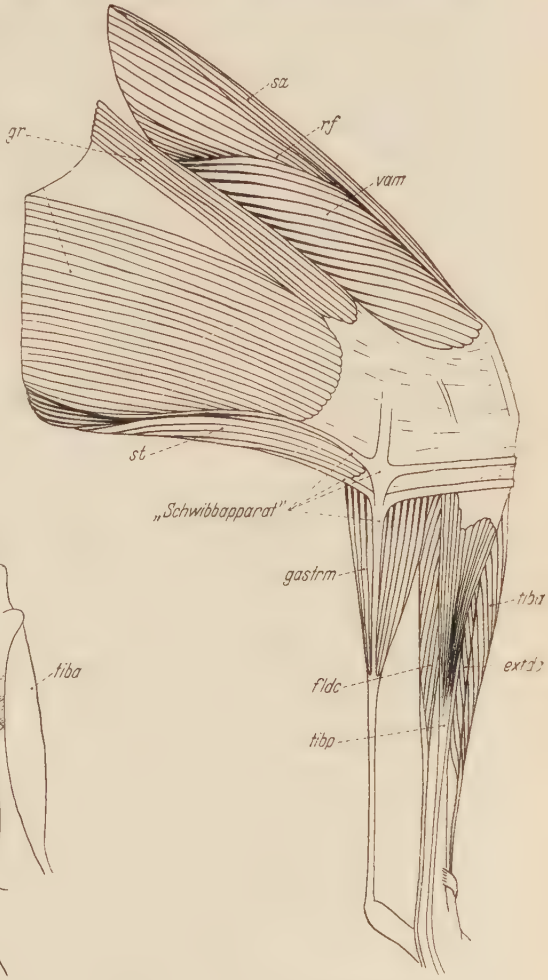

Abb. 54. Ober- und Unterschenkelmuskeln vom Hasen (medial). Abkürzungen wie Abb. 51.

kommen vom Sitz- und Schambein, der Pectineus von der Symphyse. Sie inserieren alle an der ganzen Länge der Femurrückseite. Beim quadrupeden Säugetier, bei dem das Becken vorwiegend in Richtung der Körperachse liegt, wirken die Adduktoren mehr als beim Menschen auch als Strecker im Hüftgelenk und unterstützen den Biceps

und seine Synergisten. Aber man darf ihre Tätigkeit nicht überschätzen; denn die Adduktoren sind sehr grobfaserig, weich und „locker". Die Farbe des Muskelfleisches ist wesentlich heller, also die Durchblutung geringer als bei den übrigen Beinmuskeln. Auch sind die Fasern sehr lang; sie laufen meist ohne Sehnen vom Ursprung bis zum Ansatz. Alle diese Merkmale lassen auf eine relativ schwache Kraftentfaltung schließen.

Tiefgreifende Unterschiede sind bei den untersuchten Nagern nicht festzustellen. Sie nehmen vielmehr den Raum ein, den die anderen, funktionstüchtigeren Muskeln für sie am Skelet „freilassen".

Zu den Oberschenkelmuskeln gehört auch noch der Kniekehlenmuskel, M. popliteus. Er entspringt vom Condylus lateralis femoris, geht schräg nach unten über die Kniekehle weg und inseriert an der medialen Seite der Tibia. Er läßt keine Veränderungen, die für die Funktion wichtig sind, erkennen.

Als besonders charakteristisch läßt sich von der Oberschenkelmuskulatur für die einzelnen Anpassungstypen folgendes sagen.

1. Eichhörnchen.

Der M. sartorius ist reiner Strecker des Kniegelenks. Allgemeine Schlankheit und harmonischer Ausgleich zwischen Strecker und Beuger charakterisieren die Oberschenkelmuskulatur.

2. Murmeltier.

Der M. sartorius ist reiner Strecker des Kniegelenks. Die 2. Portion des Biceps femoris ist doppelt so stark als in der Regel. Die Insertion des Semitendinosus liegt relativ tief an der Tibia. Allgemeine Betonung der Unterschenkelbeuger!

3. Biber.

Der M. sartorius fehlt. Der Strecker M. quadriceps femoris ist relativ unbedeutend. Der M. biceps femoris hat mit seinen am weitesten distal gelegenen Fasern eine direkte Verbindung mit dem Fuß. Der oberflächliche Kopf des Semitendinosus ist zu einem starken, funktionstüchtigen Muskel entwickelt; auch die Hauptportion hat eine Vergrößerung erfahren; die Insertion liegt relativ tief an der Tibia. Die Insertion des M. semimembranosus befindet sich auf dem Muskelbauch des M. gastrocnemius medialis. Allgemeine Betonung der Beuger, die zum Teil als Strecker mit dem Fuß Verbindung haben!

4. Hase.

Der M. sartorius ist sehr stark und ein bedeutender Strecker, der den M. quadriceps wesentlich unterstützt. Die 1. Portion des M. biceps femoris ist über die Regel hinaus bedeutend verstärkt. Die Insertion des Semimembranosus liegt relativ hoch an der Tibia; sein Muskelbauch

durchbohrt den Adduktor magnus. Von den Mm. gracilis und semitendinosus geht eine sehnige Verbindung über die Achillessehne zum Fuß, die durch ihre starke Federwirkung beim Laufspringen Kraft erspart (Schwibbapparat!).

Wadenmuskulatur.

Die Wadenmuskulatur besteht aus einem einheitlichen, in sich geschlossenen Muskelkomplex, der aber leicht in seine 4 Hauptportionen, die beiden Gastrocnemiusköpfe, den Soleus und den Plantaris, einzuteilen ist. Die Wade ist bei den 4 Nagerformen, je nach der besonderen Art der Fortbewegung, ziemlich verschieden entwickelt.

Stets liegt der Muskelbauch des Plantaris in der Mitte der Muskelmasse und wird lateral und medial von einem schollenförmigen Muskel, dem Gastrocnemius, bedeckt. Der Soleus liegt als kleiner Muskel unter dem Gastrocnemius lateralis. Alle 4 Muskeln laufen in der Achillessehne zusammen; jedoch verbindet sich der Plantaris nicht mit den übrigen, sondern behält eine selbständige Sehne. Alle 4 Muskeln sind bei den untersuchten Tieren vorhanden. Es ist nur unverständlich, daß Hoffmann und Weyenbergh (25) das Vorhandensein eines Plantaris bei *Sciurus* leugnen.

M. gastrocnemius lateralis (Abb. 45 47—50, *gastrl*). Ursprung: bei allen Tieren vom Condylus lateralis. Bei C gibt es noch eine Ergänzung; ein zweiter, oberflächlicher Kopf entspringt von der lateralen Seite der Patella. Dieser Kopf ist flach und blattförmig und verwächst mit dem anderen in der Mitte des Muskelbauches. Bei S und M ist die Ursprungsfläche relativ klein, so daß der Muskelbauch erst allmählich dicker wird, während bei C und L sofort ein fleischiger und kräftiger Muskelbauch beginnt. Dem Ursprungskopf ist ein Sesambein eingelagert, das bei *Castor* fehlt. Da die vorliegenden Untersuchungen an einem halbwüchsigen Biber vorgenommen wurden, besteht die Möglichkeit, daß die Favellae noch nicht entwickelt waren. Zwei Skelete von ausgewachsenen *Castor fiber* zeigen auch keine Sesambeine hinter den Condylen, jedoch können sie in diesem Falle verloren gegangen sein. Parsons (35) fand sie beim europäischen Biber, wie bei allen Sciuromorphen, aber nicht beim Canadabiber.

M. gastrocnemius medialis (Abb. 48, 51—54, *gastrm*) entspringt vom Condylus medialis. Dem Ursprungskopf ist ebenfalls, mit Ausnahme von C, eine Favella eingelagert. Diese ist jedoch in jedem Falle kleiner als die des lateralen Kopfes. Bei S kommen nicht alle Ursprungsfasern von diesem Sesambein, sondern auch zum Teil aus der Fossa intercondyloidea. Bei M sind die Fasern des Muskels kürzer als die der anderen Wadenmuskeln; die Fasern gehen bereits weiter proximal in eine breite Sehne über. Außerdem kommt eine kleine Portion von der lateralen Seite, überquert den Plantaris und vereinigt sich in Form eines doppelt gefiederten Muskels mit der Hauptportion.

Nachdem beide Gastrocnemiusportionen sehnig geworden sind, vereinigen sie sich zu einer festen, dorso-ventral abgeflachten Sehne, die auf dem Tuber calcanei inseriert. Die Insertion ist bei allen Tieren gleich; aber es finden sich wesentliche Unterschiede in der *Länge* der gemeinsamen Insertionssehne, was von der Entwicklung der Muskelbäuche abhängig ist. Bei C und M sind die Muskelbäuche sehr lang, daher können sich die Sehnen erst kurz vor der Insertion vereinigen. Bei L sind die Bäuche kurz und hochgeschoben, die sich gleich nach der Versehnung vereinigen; dadurch entsteht eine lange Achillessehne. Bei S sind die Bäuche schlank und hören im unteren Drittel auf, so daß noch eine deutliche Achillessehne entstehen kann. Daher ist auch bei C und M im Fell nichts von einer Achillessehne zu erkennen, während sie bei S und L deutlich als scharfes Profil hervortritt.

M. soleus (Abb. 52, *sol*) entspringt in allen Fällen vom Fibulakopf. Dieser beim Menschen so stark entwickelte Muskel, der für das Standbein eine wesentliche Rolle spielt, indem er es in der aufrechten Stellung festhält, ist bei den untersuchten Nagern in seiner Bedeutung als Anhängsel des Gastrocnemius lateralis zu betrachten. Am stärksten ist er noch bei M entwickelt, wo ein regelrechter, funktionstüchtiger Muskelbauch vorhanden ist. Dann folgen in der Stärke der Reihe nach abnehmend C, S und L. Beim Hasen ist es nur ein zartes Muskelband, dem kaum eine funktionelle Bedeutung zuzusprechen ist.

M. plantaris (Abb. 47—50, 52, *pl*). Durch seine Beziehung zu drei Systemen von Bewegungsachsen (Knie- und Fußgelenk und den Zehengelenken) und seine Verbindung vom Oberschenkel über den Calcaneus mit der Planta ist verständlich, daß dieser Muskel bei den vier untersuchten Arten je nach Lebensweise und Fortbewegung sehr verschieden ist. Bei M entspringt er gemeinsam mit dem Gastrocnemius lateralis vom Sesambein des Condylus lateralis. Bei S etwas weiter distal, also unter dem Gastrocnemius lateralis, bei C über dem Gastrocn. lat. Bei L mit Gastrocn. lat. vom gleichen Sesambein, aber der Ursprung des Plantaris liegt etwas weiter distal und medial. Dieser Verschiedenheit der Lage der Ursprungsfelder geht eine Verschiedenheit der Form und des Volumens des Muskelbauches parallel. Beim Hasen ist der Muskelbauch breit, schollenförmig und stellt 30% der Gesamtwadenmuskulatur dar. Bei S wird der Muskelbauch etwas runder und beträgt 33%, bei M ist er kräftig entwickelt, mehr spindelförmig und hat 62% der Gesamtwadenmuskulatur. Beim Biber ist er rundlich und gut entwickelt, 32% der Gesamtwadenmuskulatur.

In allen Fällen geht der Muskel in eine breitrundliche Sehne über, die medial die Gastrocnemiussehne umgeht, um durch den Sulcus des Calcaneus zur Planta zu gelangen. Am Tuber calcanei ist die Sehne zu einer Kappe verbreitert, deren Ränder am Periost des Knochens fixiert sind. Dadurch ist die Führung der Sehne gewährleistet. Während der

Plantaris beim Menschen fest mit der Achillessehne in Verbindung steht und damit unbeweglich am Tuber calcanei befestigt ist, zeigt die Sehne bei diesen untersuchten Nagern eine Gleitfähigkeit, die allerdings in den einzelnen Arten sehr verschiedene Grade aufweist. Die größte Bewegungsmöglichkeit hat sie beim Eichhörnchen, während sie beim Murmeltier am meisten gehemmt ist. Hase und Biber stehen dazwischen. Man darf aber diese Unterschiede in ihrer funktionellen Bedeutung nicht überschätzen, denn mit dem Stärkerwerden der Bewegungshemmung geht ein Kürzerwerden des Calcaneus parallel. Je kürzer der Calcaneus, um so weniger beweglich braucht die Plantarissehne zu sein.

Verläßt die Sehne den Calcaneus, so nimmt sie zunächst den alten Querschnitt wieder an, um sich dann gleich in vier (bei M = 3) kräftige Sehnen, die zur 2.—5. (bei M = 2.—4.) Zehe gehen, aufzuteilen; und zwar bilden sie bei den Articc. metatarso-phalangei wieder Kappen, die an den Sesambeinen dieser Gelenke befestigt sind, aus. Weiter distal werden sie von den Sehnen des M. flexor digitorum pedis communis perforiert. Gleichzeitig treten sie hier in die gemeinsame Sehnenscheide ein, um an der Mittelphalanx der 2.—5. bzw. 2.—4. Zehe zu inserieren.

Während L, S und C sich hier sehr gleichen, weicht doch M wesentlich von dieser Form ab. Die Plantarissehne bei M läßt sich nach Verlassen des Calcaneus nicht so ohne weiteres von den umgebenden Geweben trennen. Sie ist fest mit der Plantaraponeurose verwachsen. Erst unterhalb der Metatarsen bilden sich allmählich drei Sehnen heraus, die zur 2.—4. Zehe gehen. W. Abel (1) hat diese Verhältnisse genauer untersucht und betrachtet die drei Sehnen nicht als zum Plantaris gehörig, sondern glaubt, daß die Plantarissehne, nachdem sie den Calcaneus passiert hat, mit einem versehnten Flexor digit. brevis verwächst, *dessen* Sehnen dann zur 2.—4. Zehe gehen. Das Primäre sei aber, wie beim Menschen, eine klare Trennung in Plantaris und Flexor digit. brevis. Aber Braus (12, S. 614) sagt bereits: „Der Flexor digit. brevis der Fußsohle wird vom Plantaris genetisch abgeleitet. Doch sind die Zwischenstufen wenig sicher." Mir scheint, daß gerade beim Murmeltier eine sehr beweiskräftige Zwischenstufe vorhanden ist und daß somit *der Flexor digitorum brevis als Bestandteil des Plantaris aufzufassen ist.*

Zurkirch (48) stößt bei seinen Untersuchungen an der Kletterextremität des *Coendu* auf das gleiche Problem und findet dabei ebenfalls eine Fortsetzung in die Plantaraponeurose, aber nicht den Flexor digit. brevis. E. Glaesmer (19) kommt bei ihren Studien über die Flexoren zu dem Schluß, daß der Plantaris ursprünglich ein Musculus biventer war, mit einer sehnigen Unterbrechung an der Stelle, wo er über den Tuber calcaneus geht. Der distale Muskelbauch („M. flexor digit. brevis") hat sich dann später im Interesse einer größeren Beweglichkeit der Zehen abgewandelt; entweder er wurde reduziert oder er setzt am Calcaneus an.

Wenn man aber mit Böker (8) von der Annahme ausgeht, daß alle Säuger primär Baumtiere waren, so muß man sich als die ursprüngliche Form des Plantaris einen einfachen, einbauchigen Muskel vorstellen, der erst später durch die Spezialisierung der einzelnen Fortbewegungsarten den komplizierteren Bau erhielt. Beim Menschen haben wir einen Extremfall; die völlige Trennung in zwei verschiedene Muskeln, bei der der ursprüngliche Muskelbauch als rudimentär zu bezeichnen ist — ja, er kann sogar ganz fehlen (Braus, 12). Bei *Coendu* wäre der Plantaris dann durch das Baumleben sekundär wieder vereinfacht worden, während er beim Murmeltier bereits eine kompliziertere Form angenommen hat.

Abschließend lassen sich über die Wadenmuskulatur folgende Charakteristika in bezug auf die Bedeutung für die Funktion bei den einzelnen Formen herausstellen.

1. Eichhörnchen.

Die Wadenmuskulatur zeigt einen harmonischen Bau. Der Soleus ist klein und funktionell betrachtet nur ein 2. Kopf des Gastrocnemius lateralis. Die Form der drei anderen Portionen läßt der Bewegungsart des Eichhörnchens entsprechend große Vielseitigkeit zu. Die Muskelfasern haben eine mittlere Länge bei kräftiger Entwicklung der Muskelbäuche. Dadurch wird bei genügender Ausschlagsfähigkeit (durch die Faserlänge) auch eine große Kraftentfaltung (durch die Fasermenge) erreicht. (Die große Beweglichkeit der Plantarissehne scheint mir bei den großen Sprüngen des Eichhörnchens sehr vorteilhaft zu sein; denn so ist eine hohe Ausgiebigkeit der Bewegungen im Fußgelenk vorhanden.) Beim Abdrücken vom Ast usw. wird der Ausschlag sehr groß. Die Muskelkraft kann also relativ lange einen Druck auf die Unterlage ausüben und so den Körper weit fortschleudern.

2. Murmeltier.

Beim Graben, bei dem die Hinterbeine die Erde nach rückwärts transportieren und dabei kräftige Scharrbewegungen ausführen, muß von den Wadenmuskeln sowohl der Unterschenkel — im Verein mit den beugenden Oberschenkelmuskeln — als auch der Fuß bewegt werden. Da die Gastrocnemii am Femur entspringen und am Calcaneus inserieren, beugen sie das Kniegelenk und strecken gleichzeitig das Fußgelenk. Ähnlich arbeitet der Plantaris, der dabei noch die drei mittleren Zehen in der greifenden Lage durch seine Sehnen festhält. Für die Hemmung der Beweglichkeit der Plantarissehne ist vielleicht auch der plantigrade Gang verantwortlich zu machen. Der Soleus hat im Gegensatz zu den übrigen Wadenmuskeln nur *eine*, aber für die Grabtätigkeit wichtigste Funktion. Er unterstützt die Streckung im Fußgelenk und also damit das eigentliche Rückwärtswerfen der Erde. Bei dieser Tätigkeit muß

dem Fußgelenk eine Kreisbewegung von ungefähr 180° möglich sein. Die Füße, die in der engen Röhre zunächst bei scharf gewinkeltem Fußgelenk unter dem Bauch liegen, werden nach hinten bis zur völligen Streckung durchgedrückt. Diese große Ausschlagsmöglichkeit des Fußgelenkes wird durch die Länge der Muskelbäuche ermöglicht, aber darüber hinaus noch wesentlich durch die relative Kürze des Calcaneus unterstützt. Allerdings auf Kosten des Kräfteverbrauches (Hebelgesetz)! Aber das wird wieder durch die starke Entwicklung der Wadenmuskulatur ausgeglichen. Die Muskelbäuche sind lang bei gleichzeitiger Stärke, was den Schluß zuläßt, daß die Muskulatur bei großem Kraftaufwand einen großen Ausschlag des zu bewegenden Gliedes hervorrufen muß. Die Fasern sind alle sehr lang. Daraus schließe ich, daß rasche Bewegungen von der Wadenmuskulatur nicht verlangt werden.

3. Biber.

Beim Biber kommt es darauf an, daß der breite Fuß kräftige Ruderbewegungen ausführen kann. Es muß also hier auch in erster Linie eine *kraftvolle* Bewegung vorherrschen. Demgemäß ist die Wade auch langbauchig und stark entwickelt. Die Muskulatur für die Ruderbewegung findet noch Unterstützung in einem gut entwickelten Soleus und dem oberflächlichen 2. Kopf des Gastrocnemius lateralis. Die kräftigen Sehnen des sehr starken Plantaris halten die relativ langen Zehen in der leicht plantar gekrümmten Lage fest. Der Gang des Bibers wirkt watschelnd und etwas schwerfällig. Zweifellos tritt bei ihm die Fähigkeit, sich auf festem Boden zu bewegen, stark zurück gegenüber der des Schwimmens. Sie wirkt deshalb kaum gestaltend auf die Muskulatur ein. Das, was beim Murmeltier über die Grabbewegung gesagt wurde, gilt auch für die Schwimmbewegung des Bibers (weiter Ausschlag bei großer Kraftentfaltung!).

4. Hase.

Beim Hasen haben wir das Extrem zum Murmeltier. Der Hauptfaktor der Bewegung liegt im Oberschenkel. So ist die Wadenmuskulatur ziemlich schwach entwickelt. Die Muskelbäuche sind kurz und gewissermaßen nach oben geschoben. Diese Bauart erinnert schon sehr an die Extremität eines reinen Renners (Pferd, Antilope). Der Plantaris ist gut entwickelt, er hat im wesentlichen den Druck auf die Zehen, der beim Abschnellen vom Boden entsteht, aufzufangen und die Zehen in ihrer Lage festzuhalten. Der Soleus scheint keine Bedeutung zu haben. Da die gesamte Beinmuskulatur des Hasen eine geschlossene funktionelle Einheit bildet, würde ein stark entwickelter Soleus nur störend wirken. Es ist vielleicht zunächst verwunderlich, daß die Plantarissehne nicht beim Hasen die größte Beweglichkeit besitzt, sondern hierin von der des Eichhörnchens übertroffen wird. Aber dem Hasen wäre das nur hinder-

lich. Das Fußgelenk würde zu weich für die schnell aufeinanderfolgenden Sprünge werden. Das Eichhörnchen macht einzelne große Sprünge und kann durch die große Nachgiebigkeit im Fußgelenk den Aufprall sehr abschwächen. Der Hase aber als ausdauernder Laufspringer muß den Anprall für den nächstfolgenden Sprung ausnutzen und braucht daher eine harte Federung (s. auch Oberschenkelmuskulatur, Schwibbapparat des Hasen).

Unterschenkelmuskulatur.

Die drei Mm. tibialis anterior, extensor digitorum communis und extensor hallucis longus bilden eine geschlossene Gruppe von Fußgelenkbeugern und Zehenstreckern. Ihr Ursprung liegt an der vorderen Seite des oberen Tibiateiles, in der Auskehlung, die seitlich der Crista tibiae liegt. Die Muskelbäuche laufen an der Tibia entlang und gehen gemeinsam als Sehnen durch das Ligamentum cruris. Bei S, M und C reichen die Bäuche bis zu diesem Band herunter, bei L werden sie bereits in der Mitte der Tibia sehnig — wie alle Unterschenkelmuskeln des Hasen nur in der oberen Hälfte der Tibia fleischig sind.

(Das Ligamentum cruris ist ein starkes Sehnenband, durch das die Sehnen bei Kontraktion der Muskeln an der Tibia festgehalten werden. Beim Biber liegt es ganz unten an der Tibia, beim Hasen etwa zu Beginn des unteren Viertels. Eichhörnchen und Murmeltier nehmen eine Mittelstellung ein.)

Nach Verlassen des Ligamentes gehen die Sehnen der einzelnen Muskeln auseinander.

M. tibialis anterior (Abb. 47—54, *tiba*). Die Sehne geht zur medialen Seite des Fußes und inseriert bei S und M an der Basis des Metatarsale I. Bei L, bei dem der Hallux fehlt, geht die Sehne zum Metatarsale II. Dieser Ansatz übt auf die Zehen keine Funktion aus, daher ist der Muskel auch als reiner Fußbeuger aufzufassen. Bei C hat der Ansatz aber auch eine Bedeutung für die Zehen. Da die Mittelfußknochen sehr viel beweglicher sind als bei den anderen Tieren — beim Hasen kann man sie als unbeweglich bezeichnen — bedeutet beim Biber ein Zug am Metatarsale I ein Beugen der 1. Zehe, wodurch der Tibialis anterior bei ihm zu den Zehenbeugern gerechnet werden muß und somit die Beugermuskeln beim Festhalten des Fußes gegen den Wasserdruck beim Schwimmen verstärkt. Sein Muskelbauch ist auch auffallend stark entwickelt.

M. extensor digitorum communis (Abb. 48—50, 54, *extdc*) entspringt am Femur, lateral neben der Patella, oberhalb der lateralen Gelenkrolle; dadurch wird dieser Muskel auch Kniestrecker. Nach dem Verlassen des Ligamentum cruris teilt er sich in 4 Sehnen auf, die auf den Phalangen der 2.—5. Zehe bis zum Endglied entlang laufen. Der Muskel beugt

vornehmlich das Fußgelenk, streckt aber auch die Zehen. Bei S und L sind es 4 gleich starke Sehnen, bei M und C finden auf den Phalangen Verästelungen statt, die näher betrachtet werden müssen.

Beim Murmeltier bleiben die 2. und 4. Sehne einfach; die 3. Sehne spaltet sich auf und sendet eine Hälfte zur 4. Zehe. Sie bekommt aber von der 5. Sehne, die zwei Äste abgibt, eine Portion wieder; die andere erhält die 4. Zehe (s. Schema, Abb. 55). Da alle Sehnen ursprünglich gleich dick sind, wird also die 5. Zehe schlechter versorgt, die 4. dagegen besonders gut. Das bedeutet, daß die Zehe, die beim Rückwärtswerfen der Erde den stärksten Gegendruck auszuhalten hat, auf Kosten einer weniger beteiligten Verstärkung erhält. Durch die Querverbindung der Sehnen wird außerdem eine größere Funktionseinheit erreicht.

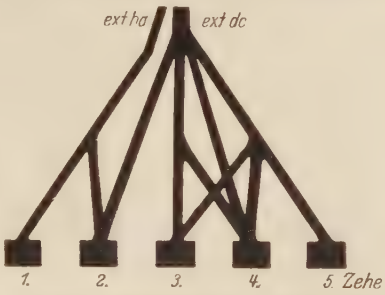

Abb. 55. Schema der Sehnenverzweigung von M. extensor digitorum communis und M. extensor hallucis bei Marmota.

Beim Biber ist diese Verästelung noch weiter spezialisiert worden. Die auch hier ursprünglich gleich dicken Sehnen gabeln sich alle, und zwar geben die 2.—4. Sehne jeweils die Hälfte, die 5. aber $^3/_4$ ihrer Stärke ab. Die 2. Sehne gibt eine Hälfte zur 3. Zehe, die 3. eine zur 4.; die 4. gibt eine an die 3. Zehe zurück. Die 5. Zehe gibt $^3/_4$ an die 4. Zehe. Wenn ich die ursprüngliche Stärke einer Sehne mit 1 bezeichne, so erhält die

2. Zehe = $^1/_2$ Sehnenstärke
3. Zehe = $1^1/_2$ Sehnenstärke
4. Zehe = $1^3/_4$ Sehnenstärke
5. Zehe = $^1/_4$ Sehnenstärke

Sehen wir jetzt uns noch einmal den Biberfuß an, so müssen wir feststellen, daß die längsten und kräftigsten und damit auch die funktionstüchtigsten Zehen am stärksten mit Strecksehnen versehen sind.

Wie beim Murmeltier, so fällt auch beim Biber zunächst auf, daß gerade die Streckersehnen verästelt sind, während die Sehnen des beim Graben bzw. beim Schwimmen wirklich aktiven Muskels, des M. flexor digitorum communis, eine derartige Umbildung nicht zeigen. Der Vorteil aber scheint zu sein, die Finger, was den Bau der Phalangealgelenken nach möglich ist, nach dorsal durchbiegen zu können. Es wird dadurch eine größere Greifweite erzielt, eine Einrichtung, welche beim Graben bzw. beim Schwimmen von Nutzen ist.

M. extensor hallucis longus. Entsprechend dem Fehlen des Hallux ist dieser Muskel beim Hasen nicht vorhanden. Bei den übrigen drei Arten kommt er anschließend an die tiefsten Fasern des Tibialis anterior von der Fibula. Bei S sind die Ursprungsfasern dieser beiden Muskeln fest miteinander verwachsen. Bei M gehen die obersten Fasern sogar

ganz zum Tibialis anterior über, erst die untere Hälfte kommt der eigenen Sehne zugute. Die Sehne läuft über den Hallux und inseriert an der Nagelphalanx. Bereits beim Eichhörnchen geht eine, allerdings sehr zarte, Aponeurose zur Grundphalanx der 2. Zehe, läßt sich aber nicht weiter verfolgen. Bei M geht eine deutliche Sehne, die etwas dünner als die Halluxsehne ist, zur 2. Zehe. Bei C teilt sich die Sehne gabelig und sendet je einen gleich starken Ast zum 1. und 2. Zehenstrahl. Diese Verbindung mit der 2. Zehe deutet darauf hin, daß der Hallux an Selbständigkeit von S über M bis zu C immer mehr abnimmt.

Die Antagonisten dieser drei Muskeln sind hinsichtlich ihrer Funktion als Fußgelenkbeuger die bereits besprochenen Wadenmuskeln, hinsichtlich ihrer Funktion als Zehenstrecker die Mm. tibialis posterior, flexor digitorum communis und flexor hallucis longus sowie die Peroneusgruppe.

M. tibialis posterior (Abb. 51, 52, 54, *tibp*). Dieser Muskel hat eine sehr veränderliche Lage. Beim Biber liegt er in der tiefen, an der Rückseite der Tibia liegenden Aushöhlung; bei S und M liegt er halbmedial und bei L völlig an der Innenseite der Tibia. Dieser Muskel des Hasens bzw. des Kaninchens hat in der Literatur schon die verschiedensten Benennungen erfahren. Bei Krause (27) wird er als M. extensor digiti primi pedes proprius bezeichnet, bei Lesche in Bronns Tierklassen heißt er M. flexor tibialis, bei Haack M. extensor digitorum medialis, bei Rosenfeld M. tibialis posticus und bei Virchow (45) endlich M. tibialis posterior. Der Vergleich mit M, S und C gibt Virchow recht. Der Muskel hat nur bei den hasenartigen eine starke Verlagerung erfahren. Beim Hasen geht er um den Malleolus medialis über einen Höcker des Naviculare und inseriert am 2. Metatarsale, kurz vorher wird ein zweiter Ast, der etwas breiter, aber sehr viel dünner ist, an den 3. Zehenstrahl abgegeben. Beide Sehnen setzen etwas medial an. Bei den übrigen Tieren geht die Sehne zum Centrale. In allen Fällen streckt der Muskel das Fußgelenk, beim Hasen werden außerdem die Zehen etwas nach der Innenseite hin gespreizt.

M. flexor digitorum communis (Abb. 48—54, *fldc*) entspringt von der Rückseite der Tibia und der Fibula und von der Membrana interossea. Die sehr starke Endsehne geht zwischen den Malleoli hindurch, an der medialen Seite des Calcaneus vorbei in die Planta, wo sie sich in 5 (beim Hasen in 4) Sehnen aufspaltet, die an der Unterseite der einzelnen Zehenstrahlen entlang laufen und an der Nagelphalanx inserieren. Die Beugersehnen sind außerordentlich fest. Unterschiede sind nicht zu erkennen.

M. flexor hallucis longus. Dieser Muskel fehlt wieder dem Hasen. Er entspringt bei den übrigen Nagern mit den beiden vorigen Muskeln von der Rückseite der Unterschenkelknochen, meist etwas nach der medialen Seite verschoben. Seine Ursprungsfasern entspringen von der

Tibia. Er geht gemeinsam mit dem Tibialis posterior um den Malleolus medialis und geht dann über die Planta zur Unterseite des Hallux. Unmittelbar vor der 1. Zehe liegt eine Knorpelplatte, die beim Biber verknöchert ist. Die Sehne des Muskels muß, um zum Hallux gelangen zu können, diese Platte überqueren. Sie wird bei Kontraktion leicht angehoben und der Hallux gleichzeitig leicht abduziert. Die Unterschiede sind nur sehr unbedeutend.

Die *Peroneusgruppe* (Abb. 47—50, *per*) ist bei allen vier Arten sehr einheitlich gestaltet. Sie besteht aus vier verschiedenen Einzelmuskeln, die alle vom Capitulum fibulae entspringen.

M. peroneus longus ist der oberflächlichste. Beim Biber entspringt er von dem Haken, der sich am Fibulakopf befindet. Die Sehne läuft durch ein eigenes Fach um den Malleolus lateralis herum. Beim Biber und beim Murmeltier geht die Sehne zwischen den Calcaneus und das Cuboid hindurch, überquert die Planta und inseriert an der Basis des Metatarsale I. Beim Eichhörnchen ist die Insertion genau so, nur überquert die Sehne das Cuboid, in dem sich ein tiefer Sulcus befindet. Beim Hasen, bei dem der 1. Zehenstrahl ja fehlt, inseriert die Sehne am Metatarsale II.

M. peroneus brevis entspringt unterhalb des vorigen, seine Ursprungsfasern reichen etwas weiter an der Fibula herunter. Die Sehne hat mit den beiden folgenden Mm. ein gemeinsames Fach und geht mit diesen um den Malleolus lateralis herum und inseriert an der Außenseite des Metatarsale V, wo eine Tuberositas ausgebildet ist. Dieser Muskel ist bei allen Tieren gleich.

M. peroneus digiti quarti. Die Sehne läuft zur 1. Phalanx der 4. Zehe. Keine Unterschiede.

M. peroneus digiti quinti. Die Sehne läuft zur 1. Phalanx der 5. Zehe. Keine Unterschiede.

Für die einzelnen Anpassungstypen ergibt sich bei den Unterschenkelmuskeln folgendes.

1. Eichhörnchen.

Das Cuboid hat einen Sulcus, durch den die Sehne des M. peroneus longus geht.

2. Murmeltier.

Die 3. und 5. Sehne des M. extensor digitorum communis geben Teile ab, durch welche die beim Graben am stärksten beanspruchte 4. Zehe verstärkt wird. Dadurch wird eine raumfassende Überstreckung erzielt. Gleichzeitig wird die Funktioneinheit der Zehen gesichert.

3. Biber.

Der M. tibialis anterior ist infolge der Beweglichkeit der Mittelfußknochen auch Zehenbeuger. Die Sehnen des M. extensor digitorum

communis haben Verästelungen, die die Zehen untereinander verbinden, wodurch eine größere Funktionseinheit bei gleichzeitiger Verstärkung der am stärksten beanspruchten Zehen erreicht wird (größere Greifweite der Schwimmfüße!).

4. Hase.

Da der 1. Zehenstrahl fehlt, ist kein Halluxstrecker oder -beuger ausgebildet. Auch die Sehnen des M. tibialis anterior und des M. peroneus longus gehen an die entsprechenden Stellen des 2. Zehenstrahles. Dementsprechend haben auch der allgemeine Zehenstrecker und der allgemeine Zehenbeuger nur 4 Sehnen. Der M. tibialis posterior liegt ganz an der medialen Seite der Tibia.

Zusammenfassung.

Die Untersuchungen sowohl der äußeren Gestalt als auch der Muskulatur der Vorder- und Hinterextremität haben gezeigt, daß die vier Nagetiere, Eichhörnchen, Murmeltier, Biber und Hase Typen verschiedener Anpassungsrichtungen darstellen. Dabei ist auffallend, daß die einzelnen Arten nicht nur in ihren allgemeinen Proportionen, sondern auch in Einzelheiten der Muskelausbildung den angehörigen anderer Ordnungen ähnlich sind (Konvergenz). Das Eichhörnchen nähert sich den gut springenden Affen, der Biber den Robben und der Hase den Huftieren [1].

Die *Rodentia* sind eine sehr plastische Ordnung, welche die verschiedensten Lebensräume erobert hat. Am häufigsten und wohl auch am ursprünglichsten sind jene grabenden Bodentiere, welche wie das Murmeltier nicht extrem spezialisiert sind. Zweifellos läßt sich eine gewisse ökologisch-morphologische Ähnlichkeit zwischen Murmeltier und Dachs feststellen; dabei möchte ich aber annehmen, daß der Dachs diese Anpassung auf einem längeren Spezialisierungsweg erreichte, während das Murmeltier sich vom ursprünglichen Nagetiertyp wenig entfernt haben dürfte.

Die Anpassungen im einzelnen, speziell an die Fortbewegungsart, werden durch Proportionsänderungen (Verlängerung oder Verkürzung der einzelnen Rumpf- und Extremitätenabschnitte) und durch die Gestaltung der Füße (Reduktion der Zehenstrahlen, Ballenbildung, Schwimmfuß des Bibers usw.) erreicht. Mit beiden geht Hand in Hand eine entsprechende Gestaltung der Muskulatur (relative Volumenänderungen, Ursprungs- und Ansatzänderungen, Neu- und Rückbildungen).

Im übrigen verweise ich auf die Zusammenfassung, die ich jeweils am Ende der Abschnitte gegeben habe.

[1] Vergleiche die Arbeiten von Krieg und Primel (Affen), Ellenberger und Baum (Huftiere), Howell, *Aquatic Mammals*, Springfield und Baltimore 1930 (Robben).

Literaturverzeichnis.

1. **Abel, W.:** Beiträge zur Kenntnis der Anpassungserscheinungen der distalen Hinterfußmuskulatur der Säugetiere bei einem Wechsel der Lebensweise. Gegenbaurs Jb. **64**, 3/4 (1930). — 2. **Beattie, J.:** The Anatomy of the Common Marmoset (*Hapale jacchus* Kuhl). Proc. zool. Soc. Lond. **1927**. — 3. **Boas, J. E. V.:** Die Fußsohlen der Hasen. Zool. Anz. **1910**. — 4. **Böker, H.:** Biologisch-anatomische Beobachtungen zur Umwandlung der Arten. Naturwiss. **1931**. — 5. **Böker, H.:** Beobachtungen und Untersuchungen zur Umwandlung der Arten am brasilianischen Meerschweinchen *(Caviidae)* und afrikanischen Klippschliefern *(Hyracoideae)*. Forschgn u. Fortschr. **1931**. — 6. **Böker, H.:** Beobachtungen und Untersuchungen an Säugetieren. Gegenbaurs Jb. **70**, 1/2 (1932). — 7. **Böker, H.:** Tiere in Brasilien. Stuttgart: Strecker & Schröder 1932. — 8. **Böker, H.:** Einführung in die vergleichende biologische Anatomie der Wirbeltiere, Bd. 1. Jena: Gustav Fischer 1935. — 9. **Böker, H.:** Einführung in die vergleichende biologische Anatomie der Wirbeltiere, Bd. 2. Jena: Gustav Fischer 1935. — 10. **Böker, H.** u. **R. Pfaff:** Die biologische Anatomie der Fortbewegung auf dem Boden und ihre phylogenetische Abhängigkeit vom primären Baumklettern bei den Säugetieren. Gegenbaurs Jb. **68** (1931). — 11. **Borovicziny, A. v.:** Bei den Murmeln. Naturforsch. (Schoenichen) **10**, 4 (1933/34). 12. **Braus, H.:** Anatomie des Menschen I. Bewegungsapparat. Berlin: Julius Springer 1921. — 13. **Brehms Tierleben.** Leipzig: Bibliographisches Institut 1925. — 14. **Clark, W. E.:** On the Anatomy of the Pentailed Tree-Shrew *(Ptilocereus lowii)*. Proc. zool. Soc. Lond. **1926**. — 15. **Dobson, G. E.:** On the Myology and Visceral Anatomy of Capromys melanurus, with a Discription of the Species. Proc. zool. Soc. Lond. **1884**. — 16. **Ellenberger, W.** u. **H. Baum:** Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. Berlin: Julius Springer 1932. — 17. **Forster, A.:** Zur Morphogenese der Inscriptio tendinae des M. semitendinosus. Anat. Anz. **51** (1918). — 18. **Forster, A.:** Die tiefe Schicht der Wadenmuskeln beim Kaninchen. Anat. Anz. **49** (1916). — 19. **Glaesmer, E.:** Untersuchungen über die Flexorengruppe am Unterschenkel und Fuß der Säugetiere. Gegenbaurs Jb. **38** (1908). — 20. **Hauser, W. M.:** Osteologische Unterscheidungsmerkmale der schweizerischen Feld- und Alpenhasen. Vjschr. naturforsch. Ges. Zürich **66** (1921). — 21. **Hill, J. E.:** The Homology of the Presemimembranosus Muscle in some Rodents. Anat. Rec. **59** (1934). — 22. **Hilzheimer** u. **Haempel:** Handbuch der Biologie der Wirbeltiere. Stuttgart: Ferdinand Enke 1913. — 23. **Hintersatz, R.:** Über Pronation und Supination bei Kaninchen und Eichhörnchen. Diss.-Ausz. Tierärztl. Hochsch. Berlin 1922. — 24. **Hinze, G.:** Biber in Deutschland. Berlin-Lichterfelde: Bermühler 1937. — 25. **Hoffmann** u. **Weyenbergh:** Myologie von *Sciurus vulgaris*, vergleiche mit der Anatomie der Lemuriden und Chiromys. Natuurk. Verh. Haarlem **1870**. — 26. **Hunter, R.:** The extensor of the hinder foot in Mammals. Proc. zool. Soc. Lond. **1925**. — 27. **Krause, W.:** Die Anatomie des Kaninchens, 2. Aufl. Leipzig: Wilhelm Engelmann 1884. — 28. **Krieg, H.:** Die Affen des Gran Chaco und seiner Grenzgebiete (Biologische Reisestudien in Südamerika, XVI). Z. Morph. u. Ökol. Tiere **1930**. — 29. **Krumbach, Th.:** Die unteren Schneidezähne der Nagetiere, nach Gestalt und Funktion betrachtet. Zool. Anz. **27** (1904). — 30. **Mijsberg, W. A.:** Die Anatomie der Verbindungen der Beckenknochen bei den Säugetieren in bezug auf die statischen Einflüsse, denen das Becken ausgesetzt ist. Anat. H. **58** (1920). — 31. **Mivart** and **Murie:** On the Anatomy of the Crested Agouti (*Dasyprocta cristata* Desm.). Proc. zool. Soc. Lond. **1866**. — 32. **Mohr, Erna:** Die freilebenden Nagetiere Deutschlands. Jena: Gustav Fischer 1938. — 33. **Mollison, Th.:** Körperproportionen der Primaten. Leipzig 1910. — 34. **Panzer, W.:** Beiträge zur biologischen Anatomie des Baumkletterns der Säugetiere. I. Das Nagel-Kralle-Problem. Z. Anat. **1932**. — 35. **Parsons, F. G.:** On the Myology of the sciuromorphine and hystricomorphine Rodents. Proc. zool. Soc. Lond. **1894**. — 36. **Parsons, F. G.:** The Myology of Rodents. II. Proc. zool.

Soc. Lond. **1896**. — 37. **Priemel, G.:** Die platyrrhinen Affen als Bewegungstypen. Z. Morph. u. Ökol. Tiere **33**, 1 (1937). — 38. **Ruge, Gg.:** Untersuchungen über die Extensorengruppe am Unterschenkel und Fuß der Säugetiere. Gegenbaurs Jb. **4** (1878). — 39. **Ruge, Gg.:** Zur vergleichenden Anatomie der tiefen Muskeln in der Fußsohle. Gegenbaurs Jb. 4 (1878). — 40. **Sonntag, F.:** Monograph of Orycteropus afer. Proc. zool. Soc. Lond. **1925**. — 41. **Schreiber, H.:** Untersuchungen über die Fascialismuskulatur einiger Nager. Gegenbaurs Jb. **62** (1929). — 42. **Schumacher, S. v.:** Erinnerungen, Beobachtungen und Gedanken eines Tiroler Jägers. Berlin: Paul Parey 1925. — 43. **Schumacher, S. v.:** Die sogenannten Ballen an den Pfoten der Hasen. Anat. Anz. **82** (1936). — 44. **Turner, H. N.:** Notes an the Dissection of the Paradoxuous Typus and of Dipus aegypticus. Proc. zool. Soc. Lond. **1849**. — 45. **Virchow, H.:** Anatomie und Mechanik des Hasenfußes. Z. Säugetierkde **3** (1928). — 46. **Weber, M.:** Die Säugetiere, 2. Aufl. Jena: Gustav Fischer 1928. — 47. **Zimmermann, A.:** Zur vergleichenden Anatomie des M. pronator teres. Anat. Anz., Erg.H. z. **66** (1928). — 48. **Zurkirch:** Die Kletterextremität des Coendu. Arch. Naturgesch. **1910**. — 49. **Abel, Otenio:** Grundzüge der Paläobiologie. Stuttgart 1912. 50. **Reinhardt, A.:** Über die Form der Scapula bei Säugetieren. Z. Tierzüchtg **16**, 2 (1929).

Aufnahmebedingungen.

I. Sachliche Anforderungen.

1. Der Inhalt der Arbeit muß dem Gebiet der Zeitschrift angehören.

2. Die Arbeit muß wissenschaftlich wertvoll sein und Neues bringen. Bloße Bestätigungen bereits anerkannter Befunde können, wenn überhaupt, nur in kürzester Form aufgenommen werden. Dasselbe gilt von Versuchen und Beobachtungen, die ein positives Resultat nicht ergeben haben. Arbeiten rein referierenden Inhalts werden abgelehnt, vorläufige Mitteilungen nur ausnahmsweise aufgenommen. Polemiken sind zu vermeiden, kurze Richtigstellung der Tatbestände ist zulässig. Aufsätze spekulativen Inhalts sind nur dann geeignet, wenn sie durch neue Gesichtspunkte die Forschung anregen.

II. Formelle Anforderungen.

1. Das Manuskript muß leicht leserlich geschrieben sein. Die Abbildungsvorlagen sind auf besonderen Blättern einzuliefern. Diktierte Arbeiten bedürfen der stilistischen Durcharbeitung zur Vermeidung von weitschweifiger und unsorgfältiger Darstellung. Absätze sind nur zulässig, wenn sie neue Gedankengänge bezeichnen.

2. Die Arbeiten müssen *kurz* und in gutem Deutsch geschrieben sein. Arbeiten in den anderen Kongreßsprachen können nur aufgenommen werden, wenn es sich um die Muttersprache des Autors handelt. Ausführliche historische Einleitungen sind zu vermeiden. Die Fragestellung kann durch wenige Sätze klargelegt werden. Der Anschluß an frühere Behandlungen des Themas ist durch Hinweis auf die letzten Literaturzusammenstellungen (in Monographien, „Ergebnissen", Handbüchern) herzustellen.

3. Der Weg, auf dem die Resultate gewonnen wurden, muß klar erkennbar sein; jedoch hat eine ausführliche Darstellung der Methodik nur dann Wert, wenn sie wesentlich Neues enthält.

4. Jeder Arbeit ist eine kurze Zusammenstellung (höchstens 1 Seite) der wesentlichen Ergebnisse anzufügen.

5. Von jeder Versuchsart bzw. jedem Tatsachenbestand ist in der Regel nur *ein* Protokoll im Telegrammstil als Beispiel in knappster Form mitzuteilen. Das übrige Beweismaterial kann im Text oder, wenn dies nicht zu umgehen ist, in Tabellenform gebracht werden; dabei müssen aber zu umfangreiche tabellarische Zusammenstellungen unbedingt vermieden werden[1].

6. Die Abbildungen sind auf das Notwendigste zu beschränken. Entscheidend für die Frage, ob Bild oder Text, ist im Zweifelsfall die Platzersparnis. Kurze aber erschöpfende Figurenunterschrift erübrigt nochmalige Beschreibung im Text. Für jede Versuchsart, jedes Präparat ist nur *ein* gleichartiges Bild, Kurve u. ä. zulässig. Unzulässig ist im allgemeinen die *doppelte* Darstellung in Tabelle *und* Kurve. *Farbige* Bilder können nur in seltenen Ausnahmefällen Aufnahme finden, auch wenn sie wichtig sind. Didaktische Gesichtspunkte bleiben hierbei außer Betracht, da die Aufsätze in den Archiven nicht von Anfängern gelesen werden.

7. Die Beschreibung von Methodik, Protokollen und anderen weniger wichtigen Teilen ist für *Kleindruck* vorzumerken. Die Lesbarkeit des Wesentlichen wird hierdurch gehoben.

8. Das Zerlegen einer Arbeit in mehrere Mitteilungen zwecks Erweckung des Anscheins größerer Kürze ist unzulässig.

9. Doppeltitel sind aus bibliographischen Gründen unerwünscht. Das gilt insbesondere, wenn die Autoren in Ober- und Untertitel einer Arbeit nicht die gleichen sind.

10. An *Dissertationen*, soweit deren Aufnahme überhaupt zulässig erscheint, werden nach Form und Inhalt dieselben Anforderungen gestellt wie an andere Arbeiten. Danksagungen an Institutsleiter, Dozenten usw. werden nicht abgedruckt. Zulässig hingegen sind einzeilige Fußnoten mit der Mitteilung, wer die Arbeit angeregt und geleitet oder wer die Mittel dazu gegeben hat. *Festschriften* und *Monographien* gehören nicht in den Rahmen einer Zeitschrift.

---

[1] Es wird empfohlen, durch eine Fußnote darauf hinzuweisen, in welchem Institut das gesamte Beweismaterial eingesehen oder angefordert werden kann.

Fortschritte der Botanik

Unter Zusammenarbeit mit mehreren Fachgenossen

herausgegeben von

Fritz von Wettstein

Berlin-Dahlem

Zuletzt erschien: Siebenter Band

Bericht über das Jahr 1937

Mit 23 Abbildungen. IV, 339 Seiten. 1938. RM 28.60

Inhaltsverzeichnis:

A. Morphologie. Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Zelle. Von Privatdoz. Dr. L. Geitler, Wien. — Morphologie, einschließlich Anatomie. Von Professor Dr. W. Troll, Halle a. S. — Entwicklungsgeschichte und Fortpflanzung. Von Professor Dr. E. Gäumann, Zürich. Folgt in Band VIII.

B. Systemlehre und Stammesgeschichte. Systematik. Von Professor Dr. J. Mattfeld, Berlin-Dahlem. — Paläobotanik. Von Professor Dr. M. Hirmer, München. — Systematische und genetische Pflanzengeographie. Von Professor Dr. E. Jrmscher, Hamburg.

C. Physiologie des Stoffwechsels. Physikalisch-chemische Grundlagen der biologischen Vorgänge. Von Professor Dr. E. Bünning, Königsberg i. Pr. — Zellphysiologie und Protoplasmatik. Von Privatdozent Dr. S. Strugger, Jena. — Wasserumsatz und Stoffbewegungen. Von Professor Dr. B. Huber, Tharandt i. Sa. — Mineralstoffwechsel. Von Dr. habil. K. Pirschle, Berlin-Dahlem. — Stoffwechsel organischer Verbindungen. Von Professor Dr. K. Mothes, Königsberg i. Pr. (Folgt in Band VIII.) — Mikrobiologie des Bodens. Von Professor Dr. A. Rippel, Göttingen. — Ökologische Pflanzengeographie. Von Dozent Dr. habil. M. Steiner, Stuttgart.

D. Physiologie der Organbildung. Wachstum und Bewegung. Von Professor Dr. H. von Guttenberg, Seestadt Rostock. — Vererbung. Von Professor Dr. F. Oehlkers, Freiburg i. Br. — Entwicklungsphysiologie. Von Professor Dr. F. v. Wettstein, Berlin-Dahlem. (Folgt in Band VIII.) — Zytogenetik. Von Dr. J. Straub, Freiburg i. Br.

E. Ökologie. Ökologie. Von Professor Dr. Th. Schmucker, Göttingen. — Sachverzeichnis.

Früher erschienen:

Erster Band: **Bericht über das Jahr 1931.** Mit 16 Abbildungen. VI, 263 Seiten. 1932. RM 18.80

Zweiter Band: **Bericht über das Jahr 1932.** Mit 37 Abbildungen. IV, 302 Seiten. 1933. RM 24.—

Dritter Band: **Bericht über das Jahr 1933.** Mit 53 Abbildungen. IV, 257 Seiten. 1934. RM 22.—

Vierter Band: **Bericht über das Jahr 1934.** Mit 50 Abbildungen. IV, 325 Seiten. 1935. RM 28.—

Fünfter Band: **Bericht über das Jahr 1935.** Mit 39 Abbildungen. IV, 346 Seiten. 1936. RM 28.80

Sechster Band: **Bericht über das Jahr 1936.** Mit 42 Abbildungen. IV, 353 Seiten. 1937. RM 28.80

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Verlag von Julius Springer in Berlin. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz A.G., Würzburg.
Printed in Germany.

Lebenslauf

Ich wurde als Sohn des Lehrers Wilhelm Bohmann und Frau Margarethe, geb. Jagels in Holssel, Kr. Wesermünde, am 24. 2. 1912 geboren. Von Ostern 1926 bis Ostern 1932 besuchte ich die Deutsche Oberschule i. A. in Bederkesa und begann nach Ablegung der Reifeprüfung im SS. 32 in Königsberg Pr. das Studium der Zoologie. Später war ich dann ein Semester in Kiel, um dann 1936 mit der vorliegenden Arbeit an der Zoologischen Staatssammlung, München, unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Dr. H. Krieg zu beginnen. Mein Studium wurde unterbrochen: 1.) 1933 Vogelwärter in Schleimünde. 2.) 1935 bis 1936 Dienst in der Kriegsmarine. 3.) 1937 Ostafrika-Reise Uthmöller-Bohmann. Meine Arbeit wurde im Januar 1939 abgeschlossen.